

دولة فلسطين  
وزارة التربية والتعليم العالي

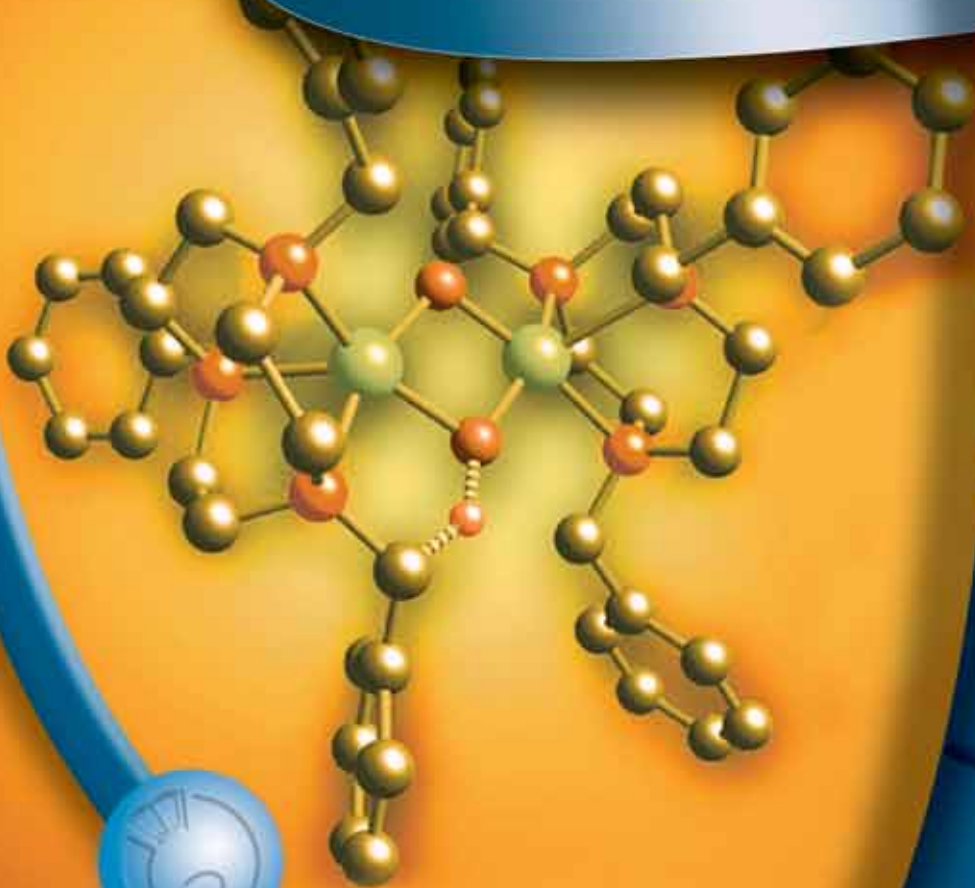


١١

الجزء الثاني

# الكيمياء

العلمي والزراعي



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دولة فلسطين  
وزارة التربية والتعليم العالي

# الكيمياء

الجزء الثاني

للمصف الأول الثانوي  
العلمي والزراعي

المؤلفون

محمد نادر  
جمال مسالة

د. محمد النوري  
فضيلة يوسف

أ. د. محمد السبوع  
محمود داود

رأى محمد بركات «مركز المناهج»



# قررت وزارة التربية والتعليم العالي في دولة فلسطين تدريس كتاب الكيمياء للصف الأول الثانوي في مدارسها للعام الدراسي ٢٠٠٥ / ٢٠٠٦ م

## ■ الإشراف العام

رئيس لجنة المناهج: د. نعيم أبو الحمص  
مدير عام مركز المناهج: د. صلاح ياسين

## ■ مركز المناهج

إشراف تربوي: د. عمر أبو الحمص

### الدائرة الفنية

■ إشراف إداري: رائد بركات  
■ تصميم: موفق طلال حماد، كمال خالد فحماوي  
■ تصميم الغلاف: كمال خالد فحماوي  
■ الإعداد المحوسب للطباعة: حمدان بحبوح  
■ تحرير لغوي: كمال بواطنة  
■ تنضيد: سمر محمود عامر

## ■ تحكيم علمي:

أ. د. حكمت هلال

## ■ الفريق الوطني لمنهاج الكيمياء للمرحلة الثانوية

د. علي زيدان أبو زهري «منسقاً» د. مازن يوسف حامد  
يحيى سلامة شواهنة نجاح يوسف صبح  
عبد القادر عبد الله إعجاج أمجد كامل شحادة «المناهج»

### الطبعة الأولى التجريبية

٢٠٠٦ م / ١٤٢٦ هـ

© جميع حقوق الطبع محفوظة لوزارة التربية والتعليم العالي / مركز المناهج  
مركز المناهج - حي المصيون - شارع المعاهد - أول شارع على اليمين من جهة مركز المدينة  
ص. ب. ٧١٩ - رام الله - فلسطين  
تلفون ٢٩٦٩٣٥٠ - ٢ - ٩٧٠ + ، فاكس ٢٩٦٩٣٧٧ - ٢ - ٩٧٠ +  
الصفحة الإلكترونية: www.pcdc.edu.ps - العنوان الإلكتروني: pcdc@palnet.com

رأت وزارة التربية والتعليم العالي ضرورة وضع منهاج يراعي الخصوصية الفلسطينية؛ لتحقيق طموحات الشعب الفلسطيني حتى يأخذ مكانه بين الشعوب. إن بناء منهاج فلسطيني يعد أساساً مهماً لبناء السيادة الوطنية للشعب الفلسطيني، وأساساً لترسيخ القيم والديمقراطية، وهو حق إنساني، وأداة تنمية للموارد البشرية المستدامة التي رسختها مبادئ الخطة الخمسية للوزارة.

وتكمن أهمية المنهاج في أنه الوسيلة الرئيسة للتعليم، التي من خلالها تتحقق أهداف المجتمع؛ لذا تولي الوزارة عناية خاصة بالكتاب المدرسي، أحد عناصر المنهاج؛ لأنه المصدر الوسيط للتعليم، والأداة الأولى بيد المعلم والطالب، إضافة إلى غيره من وسائل التعلم: الإنترنت، والحاسوب، والثقافة المحلية، والتعلم الأسري، وغيرها من الوسائط المساعدة.

أقرت الوزارة هذا العام (٢٠٠٥/٢٠٠٦)م تطبيق المرحلة السادسة من خطتها للمنهاج الفلسطيني، لكتب الصف الأول الثانوي (١١) بفروعه: العلمي، والعلوم الإنسانية، والمهني، والتقني، بالإضافة إلى تطوير بعض كتب المرحلة الأساسية (١-١٠)، وستبعتها كتب منهاج الصف الثاني الثانوي (١٢) في العام القادم، وبها تكون وزارة التربية والتعليم العالي قد أكملت إعداد جميع الكتب المدرسية للتعليم العام للصفوف (١-١٢)، وتعمل الوزارة حالياً على توسيع البنية التحتية في مجال الشبكات والتعليم الإلكتروني، وعمل دراسات تقويمية وتحليلية لمناهج المراحل الثلاث، في جميع المباحث (أفقياً وعمودياً)؛ لمواصلة التطوير التربوي، وتحسين نوعية التعليم الفلسطيني. وتعد الكتب المدرسية وأدلة المعلم التي أنجزت للصفوف الأحد عشر حتى الآن، وعددها يقارب ٣٥٠ كتاباً، ركيزة أساسية في عملية التعليم والتعلم، بما تشتمل عليه من معارف ومعلومات عُرضت بأسلوب سهل ومنطقي؛ لتوفير خبرات متنوعة، تتضمن مؤشرات واضحة، تتصل بطرائق التدريس، والوسائل والأنشطة وأساليب التقويم، وتتلاءم مع مبادئ الخطة الخمسية المذكورة أعلاه.

وتتم مراجعة الكتب وتنقيحها وإثرائها سنوياً بمشاركة التربويين والمعلمين والمعلمات الذين يقومون بتدريسها، وترى الوزارة الطباعات من الأولى إلى الرابعة طباعات تجريبية قابلة للتعديل والتطوير؛ كي تتلاءم مع التغيرات في التقدم العلمي والتكنولوجي ومهارات الحياة. إن قيمة الكتاب المدرسي الفلسطيني تزداد بمقدار ما يبذل فيه من جهود، ومن مشاركة أكبر عدد ممكن من المتخصصين في مجال إعداد الكتب المدرسية، الذين يحدثون تغييراً جوهرياً في التعليم، من خلال العمليات الواسعة من المراجعة، بمنهجية رسخها مركز المناهج في مجالي التأليف والإخراج في طرفي الوطن الذي يعمل على توحده.

إن وزارة التربية والتعليم العالي لا يسعها إلا أن تتقدم بجزيل الشكر والتقدير إلى المؤسسات والمنظمات الدولية، والدول العربية والصديقة وبخاصة حكومة بلجيكا؛ لدعمها المالي لمشروع المناهج.

كما أن الوزارة لتفخر بالكفاءات التربوية الوطنية، التي شاركت في إنجاز هذا العمل الوطني التاريخي من خلال اللجان التربوية، التي تقوم بإعداد الكتب المدرسية، وتشكرهم على مشاركتهم بجهودهم المميزة، كل حسب موقعه، وتشمل لجان المناهج الوزارية، ومركز المناهج، والإقرار، والمؤلفين، والمحررين، والمشاركين بورشات العمل، والمصممين، والرسمين، والمراجعين، والطابعين، والمشاركين في إثراء الكتب المدرسية من الميدان أثناء التطبيق.

## وزارة التربية والتعليم العالي

### مركز المناهج

كانون ثاني ٢٠٠٦ م

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على نبينا محمد وأصحابه والرسل والنبين .

أما بعد ، ، ،

فإن علم الكيمياء يبحث في مكونات المادة وشكلها وصفاتها والتغيرات التي تمر بها ، وهو - كغيره من العلوم الطبيعية - نتاج عدد كبير من الملاحظات والمشاهدات وعدد اكبر من التجارب والمحاولات لشرحها . لذا فإن دراسه الكيمياء تحتاج إلى دقة الملاحظة وسرعة البدهة بالإضافة إلى الكثير من الصبر .

حين كلفتنا وزارة التربية والتعليم العالي بوضع منهاج الكيمياء للصف الأول الثانوي العلمي والزراعي وضعنا نصب أعيننا تعليم الطالب بعض المفاهيم الأساسية في الكيمياء هدفنا رئيسا لنا فجاء هذا الكتاب - وحسب الخطوط العريضة للمنهاج - مشتملاً على وحدات ثلاث هي على التوالي :

الوحدة الرابعة : وتحتوي على ثلاثة فصول ، الأول يتحدث عن تكوين المحاليل وعملية الاذابة ، والثاني يتحدث عن تركيز المحاليل ، والثالث والأخير يتناول الخواص الجامعة للمحاليل .

الوحدة الخامسة : تتكون هذه الوحدة من فصلين ، الأول يستعرض بعض أسس الكيمياء الحرارية ، والثاني يتحدث عن أشكال التغير في المحتوى الحراري وطرق قياسها .

الوحدة السادسة : في هذه الوحدة فصلان ، الأول يستعرض شيء من التفصيل الهيدروكربونات المشبعة ، وخاصة الالكانات منها ، أما الثاني فيتحدث عن الهيدروكربونات الغير مشبعة .

وقد اجتهدنا أن نقدم مادة الكتاب بأسلوب سهل ومثير فاشتمل الكتاب بالإضافة للنص على بعض الرسومات التوضيحية والأمثلة المحلولة بطريقة نموذجية والأنشطة المتعددة والتي راعينا فيها الامكانات المتوفرة في المدارس وذلك من أجل ربط الجانب النظري بالجانب العملي لعلم الكيمياء . كما تضمنت هوامش الكتاب على زاوية هل تعلم وقضايا للبحث وقضايا للنقاش والتي هدفنا من خلالها إلى إثراء الكتاب وتعزيز المفاهيم الأساسية عند الطالب .

وقد نكون قد اشرنا هنا او هناك الى بعض المعلومات التي درسها الطالب في سنوات سابقة وذلك بهدف التأكيد على اهمية تلك المعلومة و كذلك ترسيخها في ذهن الطالب . ولا يفوتنا ان نحث ذوي الاختصاص - كل في مجاله - على التكرم بتقديم ملاحظاته حول الجوانب المختلفة للكتاب بما يخدم الاهداف المرجوة منه .

نسأل الله تعالى أن نكون قد وفقنا لما فيه مرضاته ومصلحة أبنائنا الطلبة .

المؤلفون

### المحاليل

٣	الفصل الأول: عملية الاذابة وأنواع المحاليل
٣	١ - ١ عملية الاذابة وحرارة المحلول
٨	٢ - ١ الذائبية
١٣	أسئلة الفصل
١٥	الفصل الثاني: تركيز المحاليل
١٥	١ - ٢ طرق التعبير عن تركيز المحاليل
٢٣	٢ - ٢ حسابات التخفيف
٢٦	أسئلة الفصل
٢٨	الفصل الثالث: الخواص الجامعة للمحاليل
٢٨	١ - ٣ الخواص الجامعة للمحاليل غير الايونية
٢٨	٢ - ٣ خواص المحاليل الايونية
٣٩	أسئلة الفصل
٤١	أسئلة الوحدة

### الكيمياء الحرارية

٤٦	الفصل الأول: أسس في الكيمياء الحرارية
٤٦	١ - ١ أشكال الطاقة في التفاعلات الكيميائية
٥٢	٢ - ١ مفاهيم أساسية في الكيمياء الحرارية
٥٧	٣ - ١ المعادلة الكيميائية الحرارية
٦٢	أسئلة الفصل
٦٣	الفصل الثاني: أشكال التغير في المحتوى الحراري وطرق قياسها
٦٤	١ - ٢ طرق التعبير عن التغير في المحتوى الحراري
٦٥	٢ - ٢ حرارة التفاعل
٧٣	٣ - ٢ طاقة الرابطة
٧٥	أسئلة الفصل
٧٧	أسئلة الوحدة

### الكيمياء العضوية

٨٠	الفصل الأول: الهيدروكربونات المشبعة
٨١	١ - ١ الخواص الفريدة لذرة الكربون
٨٧	٢ - ١ الألكانات
٩٨	أسئلة الفصل
١٠٠	الفصل الثاني: الهيدروكربونات غير المشبعة
١٠١	١ - ٢ الألكينات (الهيدروكربونات الأوليفينية)
١١٠	٢ - ٢ الألكاينات (الاستيلينات)
١١٨	أسئلة الفصل الثاني
١١٩	أسئلة الوحدة

# المحاليل





## الفصل الأول عملية الإذابة وأنواع المحاليل

تعلمت سابقاً أن المادة النقية-عنصرًا كانت أو مركبًا- تمتاز بتركيب كيميائي ثابت، وكذلك صفات فيزيائية وكيميائية محددة. وقد تأتي المادة نقية كما هو الحال في الذهب الخالص أو ممزوجة مع غيرها من المواد بنسب وأشكال مختلفة كما هو الحال في سبيكة الذهب، وعندها تسمى **مخلوطاً**. إن معظم المواد الموجودة في أجسامنا أو تلك التي نحتاجها بشكل يومي مثل الهواء والماء والحليب هي في الحقيقة مخاليط، ومن المخاليط ما يمكن فصل مكوناته بطرق فيزيائية بسيطة، مثل طريقة الترشيح والترويق كما هو الحال في الماء المعكر بالتراب حيث يوصف المخلوط في هذه الحالة بغير المتجانس. أما إذا كان فصل مكونات المخلوط لا يتم إلا بطرق فيزيائية أو كيميائية خاصة، مثل التقطير والترسيب، كما هو الحال في مياه البحر أو الدم فإن المخلوط يوصف بالمتجانس أو يسمى **محلولاً**. فما هو المحلول؟ وكيف يمكن تحضيره؟ وهل له تطبيقات عملية؟ هذه الأسئلة وأخرى غيرها ستتمكن من الإجابة عنها بعد دراستك لهذا الفصل، وستكون قادراً على أن:

- ١ تُعرّف المحلول والمخلوط.
- ٢ تُميّز المحلول من المادة النقية.
- ٣ تُصنّف المحاليل حسب حالة المذيب والمذاب.
- ٤ تتعرف عملية الإذابة وحرارة المحلول.
- ٥ تتعرف الذائبية والعوامل المؤثرة فيها.
- ٦ تحل مسائل عددية على الذائبية.

### ١-١ عملية الإذابة وحرارة المحلول

من المحاليل المائية المألوفة لدينا محلول السكر (القطر)، ومحلول الامونيا (النشادر)، ومحلول فوق أكسيد الهيدروجين ( $H_2O_2$ ) (ماء الأكسجين)، وهي جميعها عبارة عن مزيج متجانس يتكون من مذيب ومذاب، وتسمى محاليل حقيقية تمتاز بالصفات العامة الآتية:

- ١ حجم دقائق المذاب صغير جداً (حوالي نانومتر واحد).
- ٢ لا يمكن فصل مكوناتها عن بعضها بطرق بسيطة.
- ٣ لها نفس التركيب والتركيز في جميع أجزاء المحلول.
- ٤ تمتلك خواص فيزيائية تسمى الخواص الجامعة ستحدث عنها بالتفصيل فيما بعد.



### هل تعلم؟

أن حامض الكبريتيك المركز يتكون من 98٪  $H_2SO_4$  و 2٪  $H_2O$  ومع ذلك يعدُّ الماء مذيباً و  $H_2SO_4$  مذاباً؟

وبشكل عام يمكن تحديد المذيب والمذاب في المحاليل السائلة وفق المعايير الآتية :

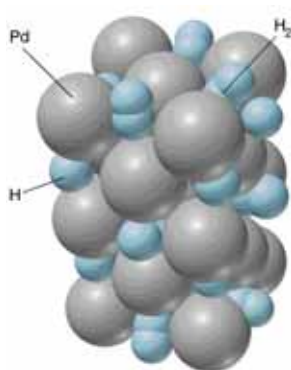
- ١ إذا كان الماء أحد مكونات المحلول يعدُّ الماء مذيباً .
- ٢ إذا كانت جميع مكونات المحلول سوائل باستثناء الماء فيكون السائل الأكبر حجماً هو المذيب .

وتقسم المحاليل حسب الحالة الفيزيائية للمذيب إلى تسعة أنواع كما يبينها الجدول (١) :

جدول (١) أنواع المحاليل حسب طبيعة المذاب والمذيب :

حالة المحلول	حالة المذيب	حالة المذاب	أمثلة
سائل	سائل	سائل	كحول في الماء ، محلول البروم ( $Br_2/CCl_4$ )
		صلب	ماء البحر ، كلوريد الصوديوم في الماء-شكل (١)
		غاز	أمونيا في الماء ، $CO_2$ في الماء
صلب	صلب	سائل	الزئبق في الفضة (حشوة الأسنان)
		صلب	السبائك المعدنية ، مثل البرونز ( $Cu/Zn$ ) ، اللحام ( $Sn/Pb$ )
		غاز	الهيدروجين في البلاديوم ، شكل (٢) ، أو البلاتين أو البلاديوم
غاز	غاز	سائل	بخار الماء في الهواء
		صلب	الغبار في الهواء ، يود في الهواء
		غاز	الهواء ، الغازات النبيلة في النيتروجين

وسوف نتناول في هذا الفصل المحاليل السائلة فقط .



شكل (٢) محلول غاز في صلب



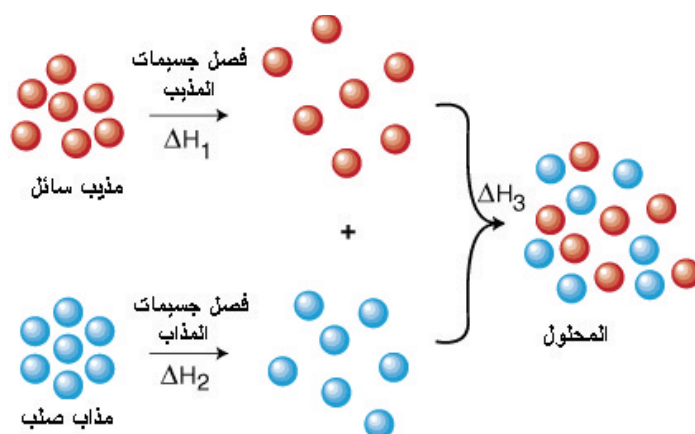
شكل (١) محلول صلب في سائل



شكل (٣) مخلوط الماء والزيت

تتباين قابلية ذوبان المادة الواحدة في المذيبات المختلفة ، فمثلاً لا يذوب الزيت في الماء (شكل ٣) ، بينما يذوب بسهولة في البنزين . كذلك يذوب السكر بسهولة في الماء ، ولكنه لا يذوب في الزيت أو البنزين ، فما سبب هذا الاختلاف؟  
للإجابة عن هذا السؤال ، لا بد أولاً من فهم عملية تكون المحلول والتي يمكن تلخيصها في ثلاث خطوات متلازمة ، الشكل (٤) :

**الخطوة الاولى :** تباعد دقائق المذيب عن بعضها ، وهذا يتطلب تزويدها بالطاقة ( $\Delta H_1$ ) .



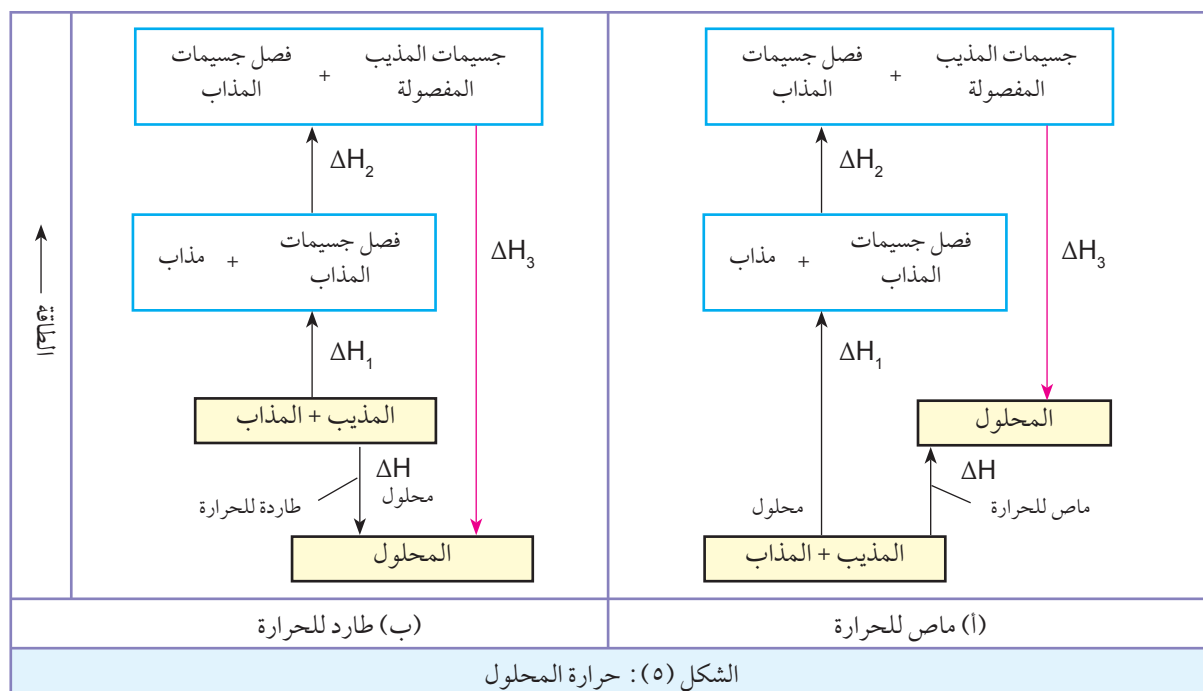
شكل (٤) عملية الإذابة

**الخطوة الثانية :** تباعد دقائق المذاب عن بعضها وهذا يتطلب تزويدها بالطاقة ( $\Delta H_2$ ) .

**الخطوة الثالثة :** تكوين قوى جديدة بين دقائق المذيب والمذاب بحيث تكون دقائق المذاب محاطة بعدد من دقائق

المذيب ، وفي هذه العملية تنطلق كمية من الطاقة تدعى في المحاليل المائية بطاقة التميؤ ( $\Delta H_3$ ) .

أي إنه عند مزج المذاب والمذيب معاً تسارع دقائق المذاب إلى الابتعاد عن بعضها ، وكذلك دقائق المذيب ، ويصاحب هذه العملية امتصاص للطاقة من المحيط يعتمد مقدارها على قوة التجاذب بين دقائق المذيب وكذلك قوة التجاذب بين دقائق المذاب . أما تجاذب دقائق المذيب مع دقائق المذاب فيكون مصحوباً بإطلاق كمية من الطاقة يعتمد مقدارها على قوة التجاذب بين دقائق المذيب والمذاب في المحلول ، وتسمى محصلة الطاقة المرافقة لعملية الإذابة **بحرارة المحلول** (Heat of Solution) . كما يوضحها الشكل (٥) ، ويمكن حساب حرارة المحلول من العلاقة الرياضية الآتية :



حرارة المحلول = طاقة التجاذب بين دقائق المذاب + طاقة التجاذب بين دقائق المذيب + طاقة التميؤ ،

وبالرموز تكون العلاقة :  $\Delta H = \Delta H_1 + (\Delta H_2 + \Delta H_3)$  محلول

نستنتج مما سبق أنّ طاقة الربط بين الدقائق لها أثر واضح على الطاقة المصاحبة لعملية الإذابة ، فما مصدر هذه الطاقة ؟

## القوى المتبادلة بين الجزيئات (Intermolecular forces):

تدعى قوى التجاذب بين دقائق المادة بالقوى المتبادلة بين الجزيئات ، وهي المسؤولة عن خواص المادة الفيزيائية ، مثل درجة الانصهار ودرجة الغليان وغيرها ، ومن أهم أنواع هذه القوى :

### ١. القوى المتبادلة بين أيون ومادة قطبية:

وتتناسب هذه القوى طردياً مع قيمة الشحنة وعكسياً مع المسافة بين الشحنات المتجاذبة . وتعدّ من أهم القوى المتبادلة بين الجزيئات ، ومن الأمثلة عليها تلك الموجودة بين أيونات ملح الطعام ( $Na^+$  ,  $Cl^-$ ) وجزيء الماء .

### ٢. القوى المتبادلة بين الجزيئات القطبية:

وهذه أيضاً تتناسب طردياً مع قيمة الشحنة وعكسياً مع المسافة بينهما ، ومن الأمثلة عليها تلك الموجودة بين جزيئات كل من الأسيتون ( $CH_3COCH_3$ ) والكلوروفورم ( $CHCl_3$ ) .

### ٣- الروابط الهيدروجينية:

وتوجد هذه الروابط بين جزيئات تكون فيها ذرة الهيدروجين مرتبطة بذرة الفلور أو الأكسجين أو النيتروجين ، ومن الأمثلة عليها تلك الموجودة بين جزيئات الماء ، وهي أقوى من تلك المتبادلة بين الجزيئات القطبية .

### ٤- قوى لندن:

وهي قوى ضعيفة وتمتاز بأنها :

أ توجد بين جميع أنواع الجزيئات .

ب هي الوحيدة التي توجد بين الجزيئات غير القطبية .

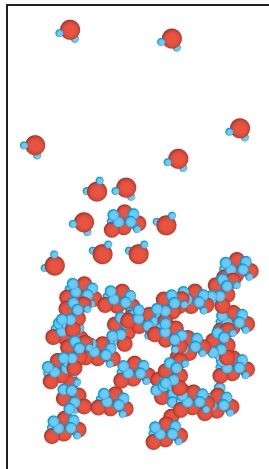
ج تتناسب طردياً مع حجم الجزيء وكتلته المولية .

ومن الأمثلة عليها تلك الموجودة في البنزين والهكسان وغيرهما .

وحتى تتمكن من معرفة ما إن كانت مادة ما تذوب في سائل فلا بد من التأكد من وجود توافق بين قوى التجاذب الموجودة بين دقائق المذاب وتلك الموجودة بين دقائق المذيب . وبصورة عامة يمكن القول بأن :

"المادة تذيب شبيهها" "Like Dissolves Like"

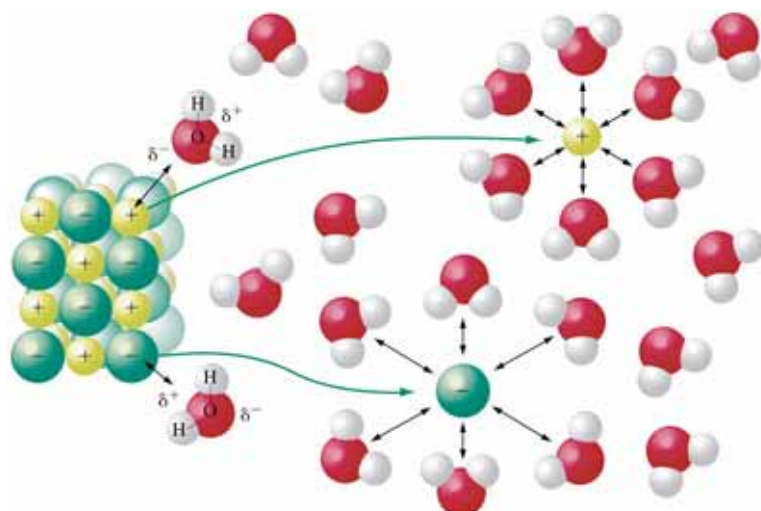
وتعتمد قيمة حرارة المحلول على القيمة النسبية للقوى المتبادلة المؤثرة في عملية تكون المحلول فعند إذابة الكلوروفورم في البنزين لا يصاحب هذه العملية إطلاق للطاقة بشكل ملموس ؛ وذلك لأن الروابط بين جزيئتهما ضعيفة ومتقاربة في القوة وعليه تبقى حرارة المحلول ثابتة نسبياً. ولكن عند ذوبان الأسيتون أو الميثانول في الماء تنشأ بين جزيئتهما قوى متبادلة أقوى من الروابط بين جزيئاتها قبل تكوين المحلول ، وعليه تكون كمية الطاقة الناتجة من عملية الإذابة كبيرة ، وهذا يظهر جلياً في ارتفاع درجة حرارة المحلول الناتجة . والشكل (٦) يبين عملية إذابة السكر في الماء .



شكل (٦) عملية إذابة السكر في الماء

ولكن إذا استخدمنا الميثانول بدل الماء فإن السكر لا يذوب في الميثانول ؛ لأن الروابط المتكونة بين جزيئات السكر والميثانول أضعف من الروابط بين جزيئات السكر نفسه . وعلى عكس السكر فإن ٢٠ غم من اليود تذوب في الميثانول بينما يذوب ٣٠ ، ٠ غم منه في نفس الحجم من الماء عند درجة حرارة ٢٥ س° وضغط ١ ، ٠ جوي . ويمكن تفسير سلوك اليود على أن اليود غير قطبي ، وليس بحاجة إلى طاقة كبيرة لفصل جسيماته فتكون قوى الربط بينه وبين الكحول كافية لإتمام عملية الإذابة في الكحول ، أما في الماء فإن قوى الربط بين جزيئات الماء أكبر من قوة الربط بين الماء واليود ، وعليه تكون ذائبيته في الماء أقل من الكحول .

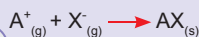
أما إذا كان المذاب مادة أيونية كالأملح مثلاً فإن عملية الإذابة تعتمد على قوة الرابطة الأيونية في البلورة من جهة وبين أيونات الملح والمذيب من جهة أخرى . فهذه الأملاح لا تذوب إلا في المذيبات التي لها قدرة كافية على تشكيل روابط قوية مع تلك الأيونات ، وتبرز هنا خصوصية الماء في مقدرة على إذابة أيونات الملح بوساطة عملية التميؤ - شكل (٧) حيث تتفاوت الأملاح في طاقة التبلور وطاقة التميؤ وبالتالي تختلف حرارة ذوبانها كما هو موضح في الجدول (٢) .



شكل (٧) عملية ذوبان الملح في الماء

#### هل تعلم:

أن طاقة التبلور هي الطاقة المصاحبة للتفاعل الآتي :



جدول (٢): حرارة المحلول لإذابة بعض الأملاح في الماء

المالح	LiCl	NaCl	KCl	LiBr	NaBr	KBr	KI
طاقة التبلور (كيلوجول/مول)	٨٣٣	٧٦٦	٦٩٠	٧٨٧	٧٢٨	٦٦٥	٦٣٢
طاقة التميؤ (كيلوجول/مول)	٨٨٣-	٧٧٠-	٦٨٦-	٨٥٤-	٧٤١-	٦٥٧-	٦١٩-
حرارة المحلول (النظرية) (كيلوجول/مول)	٥٠-	٤-	٤	٦٧-	١٣-	٨	١٣

وتكمن أهمية حرارة المحلول في أنها تعطينا فكرة عن الطاقة المصاحبة لبعض العمليات التي تتم خلال عملية الإذابة وخصوصاً تلك التي لا يمكن قياسها بصورة مباشرة مثل طاقة التبلور.

### نشاط: إيجاد حرارة المحلول:

**المواد والأدوات:** مسعر كهربائي، ميزان حرارة،  $\text{NaCl}$ ،  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ،  $\text{CaCl}_2$ ،  $\text{MgSO}_4$

#### خطوات العمل:

- ١ ضع في المسعر ٢٥٠ سم<sup>٣</sup> ماء . وقس درجة حرارة الماء (د<sub>١</sub>).
  - ٢ اذب ١٠ غم  $\text{NaCl}$  في كمية الماء الموجودة في المسعر وقس درجة الحرارة (د<sub>٢</sub>).
  - ٣ كرر الخطوة الثانية مع كل ملح من الأملاح المذكورة.
- من نتائج التجارب احسب حرارة المحلول لكل ملح من الأملاح باستخدام العلاقة الرياضية التالية:
- $$\text{حرارة المحلول (جول/مول)} = \frac{\text{الكتلة المولية للملح} \times \text{كتلة الماء} \times \text{الحرارة النوعية للماء} \times (\text{د}_2 - \text{د}_1)}{\text{كتلة الملح}}$$
- حيث ان الحرارة النوعية للماء = ١٨٤ ، ٤ جول/غم . س°.

## ٢-١ الذاتية

عند إذابة كمية قليلة من مادة صلبة مثل السكر في حجم معين من الماء عند درجة حرارة معينة نحصل على محلول ، فإذا أضفنا كميات جديدة من المذاب إلى المحلول فما الذي يحصل؟ تستمر عملية الإذابة حتى إذا ما أضفنا المزيد من المذاب يظهر لنا أن بعض السكر المضاف لا يذوب في الماء مهما حركنا المحلول . يوصف المحلول في هذه الحالة بأنه وصل إلى حد الإشباع عند تلك الدرجة من الحرارة . عندما يصل المحلول إلى حد الإشباع تتوقف المادة الصلبة عن الذوبان ولكن هذا لا يعني أنها في حالة سكون ، حيث إن هناك وفي كل لحظة عدداً من دقائق المادة الصلبة تذوب في المحلول ، وفي نفس الوقت فإن عدداً مساوياً من دقائق المادة المذابة تصطدم بالمادة الصلبة المتبقية في قعر الإناء وترسب ، وتوصف هذه الحالة بما يسمى بحالة اتزان ديناميكي ، وهو الحالة التي يكون فيها معدل ذوبان المذاب مساوياً تماماً لمعدل ترسيبه .

**الذائبية:** أكبر كتلة من المذاب يمكن إذابتها في ١٠٠ غم من المذيب عند درجة حرارة ٢٥°س وضغط ١,٠ جوي . ويمكن تصنيف المحاليل حسب درجة إشباعها عند درجة حرارة وضغط محددين إلى ثلاثة أنواع :

١ **المحلول غير المشبع :** وهو المحلول الذي يستوعب كمية إضافية من المذاب دون حدوث ترسيب عند درجة حرارة معينة .

٢ **المحلول المشبع :** وهو المحلول الذي وصل إلى حالة بحيث يرسب أي كمية إضافية من المذاب عند درجة حرارة معينة .

٣ **المحلول فوق المشبع :** وهو المحلول الذي يحتوي على كمية من المذاب أكبر مما يمكن إذابته على درجة الإشباع . ويمكن تحضير المحلول فوق المشبع بوساطة إذابة كمية زائدة من المذاب في كتلة معينة من المذيب بوساطة التسخين ، ثم يترك المحلول لتتخفض درجة حرارته في سكون دون تحريك ، وعندما يصل المحلول إلى درجة حرارة معينة يترسب قسم من كمية المذاب الزائدة ، إلا أن المحلول يحتوي على كمية أكبر من الذائبية (الإشباع) . ويمكن التمييز بين المحلول المشبع والمحلول فوق المشبع بإضافة كمية قليلة من المذاب ، أو بتحريك المحلول فإذا ترسب المزيد من المذاب يكون المحلول فوق المشبع أصلاً .

## العوامل المؤثرة في الذائبية:

تعتمد الذائبية على عوامل ثلاثة هي :

### أولاً: طبيعة المذاب والمذيب:

بالإضافة إلى تأثير حرارة المحلول بمدى التوافق بين القوى المتبادلة بين دقائق المحلول مقارنة مع تلك الموجودة بين دقائق المذاب النقي و المذيب النقي ، هناك عوامل أخرى تؤثر في عملية الإذابة منها حجم جزيئات المذاب وكتلته المولية إذ أن لها تأثيراً كبيراً على ذائبية المادة في المذيبات المختلفة . ويمكن القول : إنه كلما زادت الكتلة المولية للمذاب قلت ذائبيته في مذيب معين ومثال على ذلك ذائبية البنتانول ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ ) في الماء قليلة بينما ذائبية الإيثانول ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) في الماء عالية جداً وذلك بسبب طول السلسلة الكربونية . كذلك تتأثر الذائبية بالتركيب الجزيئي للمذاب والمذيب . فالمواد السائلة تذوب في السوائل التي تشابهها في التركيب الجزيئي ، فمثلاً يذوب الإيثانول في كل من الماء والجازولين (مكونه الرئيسي هو  $\text{C}_8\text{H}_{18}$ ) ، ولكن الماء والجازولين لا يذوب أحدهما في الآخر ، ويرجع ذلك إلى وجود مجموعة هيدروكسيل مشتركة بين الماء والكحول (يذوبان) ومجموعة الكيلية بين الكحول ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) والجازولين ( $\text{C}_8\text{H}_8$ ) (يذوبان) ، بينما لا يوجد مجموعة تركيبية مشتركة بين الجازولين والماء (لا يذوبان) . ويلخص الجدول (٣) ذائبية بعض المواد في ١٠٠ غم ماء عند درجة حرارة ٢٠°س وضغط جوي واحد .

**قضية للبحث:** إبحث كيف يعمل الصابون على تنظيف الملابس .

جدول (٣) ذائبية بعض المواد في ١٠٠ غم ماء عند درجة حرارة ٢٠°س وضغط جوي واحد:

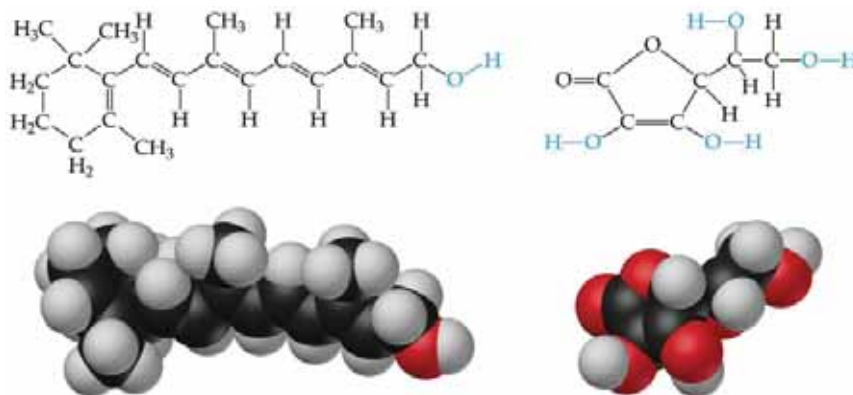
الذائبية (غم)	اسم المركب	صيغة المركب
٢٢,٢	نترات الفضة	AgNO <sub>3</sub>
١٩,٢	نترات الأمونيوم	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>
١٠,٤x١٠ <sup>-٤</sup>	كلوريد الفضة	AgCl
١٠,٧x١٠ <sup>-٤</sup>	كربونات البوتاسيوم	K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>
١٦٥,٠	هيدروكسيد الكالسيوم	Ca(OH) <sub>2</sub>
٣٥,٥	كلوريد الصوديوم	NaCl
٢١١	سكروز	C <sub>12</sub> H <sub>22</sub> O <sub>11</sub>
٢٨	كربونات الصوديوم المائية	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ·10H <sub>2</sub> O
٨,٥١	أمونيا	NH <sub>3</sub>
١٤٥,٠	ثاني أكسيد الكربون	CO <sub>2</sub>
١٩,٠٠١	غاز النيتروجين	N <sub>2</sub>
٤٣,٠٠٠	غاز الأكسجين	O <sub>2</sub>

#### سؤال:

فسر لماذا تكون إذابة الحموض في الماء مصحوبة بإطلاق كمية كبيرة من الطاقة؟

#### هل تعلم:

بسبب ذوبان كل من فيتامين B وفيتامين C في الماء، فإن الجسم لا يحتفظ بهما مدة مناسبة لذلك يفضل أن تحتوي الوجبات اليومية عليهما، بينما فيتامينات (A,D,E,K) فإنها تخزن في الجسم لمدة طويلة بسبب ذوبانها في أنسجة الجسم الدهنية لذلك فهي تحمي الجسم من الإصابة بالأمراض التي يسببها نقص مثل هذه الفيتامينات، إلا أن تخزين بعضها بكميات زائدة يسبب الضرر للجسم.



فيتامين A

فيتامين C

أما بالنسبة لذائبية الغازات في السوائل فإنها تتأثر بطبيعة كل من الغاز والسائل، فهناك غازات ذائبتها في الإيثانول أكبر من ذائبتها في الماء مثل النيتروجين والأكسجين وثاني أكسيد الكربون، بينما ذائبية الأمونيا وكلوريد الهيدروجين وكبريتيد الهيدروجين في الماء أكبر منها في الكحول، وذلك بسبب حدوث تفاعل كيميائي بين كل من (NH<sub>3</sub>)، (HCl)، (H<sub>2</sub>S) والماء. فغاز HCl مثلاً يتأين في الماء إلى أيونات هيدروجين موجبة تتحد مع جزيئات الماء لتكون أيونات الهيدرونيوم وأيونات الكلوريد كذلك يتفاعل غاز الأمونيا مع الماء مكوناً أيونات الأمونيوم (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) وأيون الهيدروكسيد (OH<sup>-</sup>).



**سؤال:** مثل بالمعادلات ذائبية كل من  $\text{HCl}$  و  $\text{NH}_3$  في الماء .

**هل تعلم:**

أن ملح كبريتات الباريوم يستخدم في توضيح عملية تصوير القناة الهضمية بواسطة أشعة-x على الرغم من سميته العالية؛ لأنه لا يذوب في محتويات القناة الهضمية للإنسان؟

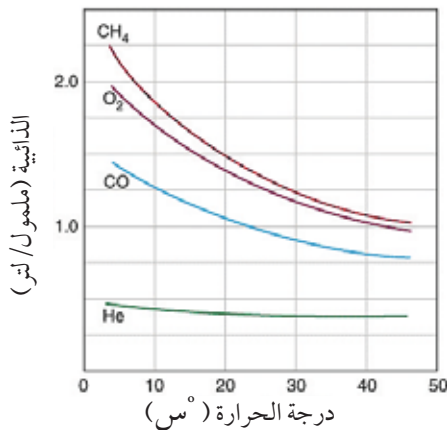
ومن الجدير بالذكر أن ذائبية المادة الصلبة في الماء لا تقل عند إذابتها في محلول يحتوي على مذاب ذي طبيعة مختلفة (متأين أو غير متأين) كما هو الحال في إضافة ملح الطعام إلى محلول السكر في الماء . أما بالنسبة للغازات فإن ذائبيتها تقل إذا كان المحلول يحتوي أملاحاً متأينة ، وتفسير ذلك أن الأملاح عندما تتأين يحيط بها عدد كبير من جزيئات المذيب لتساعد في عملية التأين وفصل الأيون الموجب عن السالب ، وبذلك تنقص كمية المذيب الذي تبقى لذوبان الغاز وبالتالي تقل ذائبية الغاز .

### ثانياً: درجة الحرارة

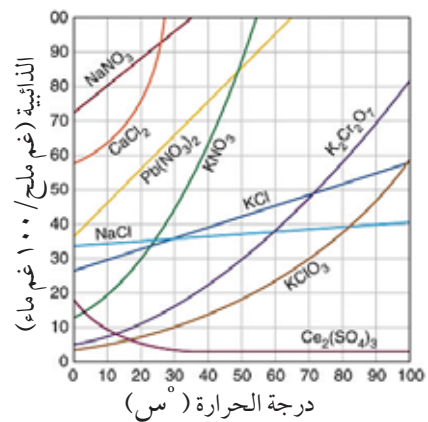
يعتمد تأثير درجة الحرارة على ذائبية المادة في مذيب ما على إشارة حرارة المحلول (طارداً أو ماصاً) وطبيعة المذاب . وكما تعلمت سابقاً فإن عملية إذابة بعض الأملاح في الماء تكون ماصة للحرارة؛ وبعضها طارد للحرارة ، فما تأثير تسخين أو تبريد مثل هذه المحاليل على ذائبية الأملاح فيها ؟ .

إذا كانت حرارة المحلول الملحي المشبع مكتسبة (ماص)، فإن تسخين المحلول سوف يزيد من ذائبية الملح المذاب حيث يتجه المحلول إلى الاتجاه الذي يخفف من تأثير زيادة درجة الحرارة أي في الاتجاه الذي تزداد فيه الذائبية . وبالتالي تذوب كمية إضافية من الملح للوصول إلى حالة الإشباع الجديدة عند درجة الحرارة الجديدة :

طاقة + مذيب + مذاب  $\rightleftharpoons$  محلول مشبع



شكل (٩) أثر درجة الحرارة على ذائبية بعض الغازات



شكل (٨) العلاقة بين ذائبية الأملاح ودرجة الحرارة

أما إذا كانت حرارة المحلول الملحي المشبع مفقودة (طارد) فإن تسخين المحلول سوف يقلل من ذائبية الملح المذاب حيث يتجه المحلول إلى الاتجاه الذي يخفف من تأثير زيادة درجة الحرارة؛ أي في الاتجاه الذي تقل فيه الذائبية فترسب الكمية الزائدة للوصول إلى حالة إشباع جديد على درجة الحرارة الجديدة:



يبين الشكل (٨) تغير ذائبية الأملاح بتغير درجة حرارة المحلول. يمكن ملاحظة أن ذائبية معظم الأملاح تزداد بارتفاع درجة حرارة المحلول كما أن هناك بعض الأملاح تقل ذائبيتها بارتفاع درجة حرارة المحلول، مثل كبريتات السيريوم. أما فيما يتعلق بذوبان الغازات في الماء فهي عملية طاردة للحرارة، وعليه **تقل ذائبية الغازات بارتفاع درجات الحرارة** كما يوضحها الشكل (٩) حيث تخرج هذه الغازات، مثل الأكسجين والنتروجين على شكل فقاعات من داخل المحلول.

**سؤال:** فسر سبب اختلاف طعم ماء الشرب بعد تسخينه.

### ثالثاً: الضغط

بصورة عامة، لا تتغير ذائبية المواد الصلبة والسائلة في المذيبات السائلة مع تغير الضغط. بينما تزداد ذائبية الغازات في المحاليل السائلة مع زيادة الضغط الواقع على سطح المحلول. ويمكن تفسير هذه الظاهرة في الغازات بأن اتزاناً ديناميكياً يحصل بين جزيئات الغاز الذائبة في المحلول والجزيئات الموجودة فوق سطح المحلول، وبناء عليه فإن زيادة الضغط فوق سطح المحلول يزيد من عدد الجزيئات التي ترجع إلى المحلول فتزداد الذائبية مع ثبوت درجة الحرارة.

ويلخص الجدول (٤) ذائبية الغازات المختلفة في الماء مع تغير الضغط على درجة حرارة ثابتة. جدول (٤): تأثير الضغط على ذائبية بعض الغازات

هل تعلم:

أن الكيميائي الإنجليزي  
ويليام هنري (١٧٩٧-١٨٣٦)  
قد وضع قانوناً سمي باسمه  
(قانون هنري) ينص على  
أن تركيز الغاز في المحاليل  
المائية (مول/لتر) يتناسب  
تناسباً طردياً مع الضغط  
الجزيئي للغاز؟

التركيز (مول / لتر)				الضغط (جوي)
CO	O <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub>	
٤١,٦	٤٧,٢	٢٢,٤	١,٨٨	١,٣١
٦٢,٦	٧١	٣٣,٦	٢,٨٢	١,٩٧
٨٣,٣	٩٣,٦	٤٤,٨	٣,٧٨	٢,٦٣
١٠٤	١١٨	٥٤,٦	٤,٧٤	٣,٢٩
١٢٩	١٤٤	٩٢,٦	٥,٦٨	٣,٩٥

- ١ وضع المقصود بكل من : المحلول المشبع ، الذائبة ، حرارة الإذابة ، طاقة التبلور ، طاقة التميؤ .
- ٢ اذكر العوامل المؤثرة في الذائبة .
- ٣ بالرجوع إلى منحنيات الذائبة في الشكل (٨) احسب ما يأتي :
  - أ كتلة الماء اللازم لإذابة ٤٠ غم من نترات الصوديوم عند درجة حرارة ١٠°س .
  - ب كتلة الملح المترسب من محلول مشبع من دايكرومات البوتاسيوم في ١٥٠ غم الماء عند درجة حرارة ٥٠°س تم تبريده إلى درجة ٣٠°س .
  - ج كمية كلوريد البوتاسيوم اللازمة لتحضير محلول مشبع في ١٠ غم ماء عند درجة حرارة ٣٠°س .
- ٤ إذا علمت بأن طاقة التبلور لكل من كلوريد الكالسيوم ويوديد الكالسيوم تساوي -٢٢٤٧ ، و -٢٠٥٩ (كيلوجول/مول) على التوالي ، وأن حرارة المحلول لكل منهما يساوي -٤٦ ، -١٠٤ (كيلوجول/مول) احسب طاقة التميؤ لكل منهما .
- ٥ كيف تفسر سهولة تأين الأملاح عند ذوبانها في الماء دون الحاجة إلى كمية كبيرة من الطاقة بينما درجة انصهارها عالية جداً؟
- ٦ كيف تفسر ارتفاع ذائبة كل من غاز كلوريد الهيدروجين والأمونيا في الماء بينما ذائبة معظم الغازات الأخرى في الماء قليلة جداً تحت نفس الظروف .
- ٧ اختر الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي :
  - ١ احدى المواد الآتية تذوب في رابع كلوريد الكربون (مذيب غير قطبي) .
    - أ كلوريد الصوديوم .
    - ب الماء .
    - ج اليود .
    - د بيرمنغنات البوتاسيوم .
  - ٢ أحد المركبات الآتية له ذائبة كبيرة في الماء
    - أ  $\text{CH}_3\text{OH}_{(l)}$
    - ب  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{OH}_{(l)}$
    - ج  $\text{I}_{2(s)}$
    - د  $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_8\text{CH}_3_{(l)}$

٣ الرابطة الهيدروجينية

أ رابطة بين ذرة H و O أو N أو S .

ب رابطة تساهمية بين ذرة H و O أو N أو Cl .

ج قوة تجاذب إلكتروستاتيكية بين ذرة H و O أو N أو F .

د رابطة تنشأ بين أيونين .

٤ احدى المواد الآتية تكون قوى أيون - قطب عند إذابتها في الماء

أ  $\text{CH}_4$  .

ب  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$  .

ج  $\text{KCl}$  .

د  $\text{C}_8\text{H}_{18}$  .

٨ علل الآتية :

أ يذوب ملح الطعام في الماء ولا يذوب في الكحول .

ب ذائبية اليود في الكحول أكبر منها في الماء .

ج تزداد ذائبية بعض المواد الصلبة في السوائل بالتسخين بينما ذائبية الغازات في السوائل تقل دائماً مع ارتفاع درجة الحرارة .

## الفصل الثاني تركيز المحاليل

نحتاج في حياتنا اليومية إلى الكثير من المحاليل ، فمثلاً عند عمل المخلاتات نحتاج إلى تحضير محلول ملحي وذلك بإضافة كمية مناسبة من الملح إلى الماء . وكذلك عند تحضير محلول عالق لمسحوق مضاد حيوي ، فما تركيز المحلول؟ وما الطرق المتبعة للتعبير عن هذا التركيز؟

يتوقع منك بعد دراسة هذا الفصل أن :

- ١ توضيح المقصود بتركيز المحلول .
- ٢ تعدد الطرق المختلفة للتعبير عن تركيز المحلول .
- ٣ تبين اثر اختلاف كمية المذيب على التركيز عند ثبوت العوامل الأخرى .
- ٤ تحل مسائل حسابية تتعلق بطرق التعبير عن التركيز .
- ٥ تحل مسائل حسابية تتعلق بحسابات التخفيف .

### ١-٢ طرق التعبير عن تركيز المحاليل

يعتمد مذاق المحلول السكري أو المحلول الملحي على كمية السكر أو الملح المذابة في حجم معين من المذيب ، وقد اتفق الكيميائيون على استعمال مصطلح التركيز ليدل على كمية المذاب في كمية معينة من المذيب . وسوف نركز في دراستنا لهذا الفصل على المحاليل المائية .

**هناك طرق مختلفة للتعبير عن التركيز نتناول منها :**

#### النسبة المئوية للمذاب:

وهي النسبة المئوية (كتلة أو حجم) للمذاب في المذيب . فإذا عبرنا عن كميات المذاب والمذيب بوحدة الكتلة يسمى التركيز عندها النسبة المئوية الكتلية ، وهي شائعة الاستعمال خاصة في الصناعات الكيميائية للتعبير عن تركيز المحاليل التي يكون فيها المذاب صلباً والمذيب ماءً ، أما إذا استخدمنا وحدة الحجم للدلالة على كمية المذاب والمذيب فيسمى التركيز عندها النسبة المئوية الحجمية ، وهي شائعة الاستعمال في التعبير عن تراكيز المحاليل التي يكون فيها كل من المذاب والمذيب سائلاً . وقد يتم التعبير عن أحد مكونات المحلول بوحدة الكتلة والمكون الآخر بوحدة الحجم ويسمى التركيز عندها النسبة المئوية لـ (كتلة/ حجم) ، وهي شائعة الاستعمال في مجال الطب والصيدلة . ويتم تحديد الطريقة ( كتلة أو حجم) الأكثر ملائمة للتعبير عن تركيز محلول معين بالنسبة المئوية بمعرفة أيها أسهل للقياس ، فمثلاً في المحاليل السائلة يكون قياس الحجم أسهل من الكتلة .

أما عند استخدام مذاب صلب فمن البدهي استخدام وحدة كتلة المذاب . ويمكن التعبير عن النسبة المئوية الكمية للمذاب بالعلاقة الرياضية الآتية :

$$\text{النسبة المئوية الكمية للمذاب} = \left[ \frac{\text{كمية المذاب}}{\text{كمية المذاب} + \text{كمية المذيب}} \right] \times 100\%$$

هل تعلم:

ان ppm تعني جزءاً مذباً في مليون جزء محلول ppb تعني جزءاً مذباً في مليار جزء محلول؟

كما تستخدم وحدات تركيز أخرى وخاصة في دراسة التراكيز القليلة جداً للمواد الكيميائية في البيئة، مثل تركيز المبيدات الحشرية والعشبية، وتركيز الأيونات المعدنية في الماء ومن هذه الوحدات : جزء من مليون (ppm)، وجزء من بليون (ppb).

ولتتعرف كيفية حساب النسب المئوية للمذاب تمعن الأمثلة الآتية :

**مثال(١):** احسب النسبة المئوية الكتلية لهيدروكسيد الصوديوم في محلول يحتوي على ١٥ غم من NaOH في ١٥٠ غم ماء .

**الحل:** النسبة المئوية الكتلية لـ NaOH =  $\frac{\text{كتلة المذاب}}{(\text{كتلة المذاب} + \text{كتلة المذيب})} \times 100\%$

$$= \frac{15}{15 + 150} \times 100\% = 9,1\%$$

**مثال(٢):** ما كتلة HCl اللازمة لتحضير محلول حمض مائي حجمه ٥٠ سم<sup>٣</sup> وتركيزه ٣٧٪ وكثافته ١,١٩ غم/سم<sup>٣</sup>.

**الحل:** النسبة المئوية الكتلية =  $\frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100\%$

ويمكن حساب كتلة المحلول كما يأتي :

$$\text{كتلة المحلول} = \text{حجم المحلول} \times \text{كثافته} = 50 \text{ سم}^3 \times 1,19 \text{ غم/سم}^3 = 59,5 \text{ غم}$$

$$\text{النسبة المئوية الكتلية للمحلول} = \frac{\text{كتلة HCl}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100\%$$

$$\frac{\text{كتلة HCl}}{59,5} \times 100\% = 37\%$$

$$\text{إذن كتلة HCl} = \frac{59,5 \times 37}{100} = 22,0 \text{ غم}$$

**مثال (٣):** احسب كتلة  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  اللازمة لتحضير ٥٠ غراماً من محلول تركيزه الكتلي يساوي ١٢٪  $\text{BaCl}_2$

**الحل:** الكتلة المولية لكلوريد الباريوم  $\text{BaCl}_2 = 208$  غم/مول والكتلة المولية لكلوريد الباريوم المائي

$$\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} = 244 \text{ غم/مول}.$$

إذا كان لدينا ١٠٠ غم من المحلول فإنه يحتوي على ١٢ غم  $\text{BaCl}_2$

وبناء عليه فإن: ٥٠ غم من المحلول تحتوي على ٦,٠ غم  $\text{BaCl}_2$

وبما أن: كل ٢٤٤ غم  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  تحتوي على ٢٠٨ غم  $\text{BaCl}_2$

إذن كتلة  $\text{BaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  اللازم لتحضير محلول يحتوي على ٦ غم  $\text{BaCl}_2$

$$= \frac{6,0}{208} \times 244 = 7,0 \text{ غم}$$

## المولارية (م)

إذا اذبننا نفس الكتلة من كل من ملح الطعام وكلوريد البوتاسيوم في كتلة أو حجم معين من الماء، فإننا نحصل على نفس النسبة المئوية الكتلية لتركيز المحلولين، وكذلك الأمر لو اذبننا نفس الكتلة من سكر الجلوكوز وسكر المائدة (سكروز) في نفس الحجم من الماء، فإننا سنحصل أيضاً على نفس النسبة المئوية الكتلية لتركيزهما. ولكن هل عدد جزيئات المذاب في كل من المحلولين متساوية؟ وفي أي المحلولين يكون العدد أكبر؟

لعلك استنتجت أن عدد جزيئات المذاب في المحلولين مختلف، وحيث أن سلوك المحلول يعتمد على تركيز المحلول فقد لجأ العلماء إلى تعبير آخر عن التركيز هو **المولارية** ويرمز لها بالرمز (م)، وهي تعني عدد مولات المذاب في لتر من المحلول.

**ويمكن التعبير عن المولارية بالعلاقة الرياضية الآتية:**

$$\text{المولارية (مول/لتر)} = \frac{\text{عدد مولات المادة المذابة}}{\text{حجم المحلول (لتر)}}$$

$$M = \frac{n}{V}$$

حيث: ن: عدد مولات المذاب.

ح: حجم المحلول باللتر.



ولتتعرف كيفية حساب تراكيز المحاليل بوحدة المولارية (م) تمعن الأمثلة الآتية :

**مثال (٤):** احسب تركيز المحلول بالمولارية (م) الناتج من إذابة ١٦,٠ غم ميثانول ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ) في ٢٠٠ سم<sup>٣</sup> من محلوله المائي.

**الحل:**

$$\text{عدد مولات الميثانول} = \frac{\text{كتلة الميثانول}}{\text{الكتلة المولية للميثانول}} = \frac{16}{32} = 0,5 \text{ مول}$$

$$M = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول (لتر)}} = \frac{0,5}{0,2} = 2,5 \text{ (م)}$$

**مثال (٥):** احسب حجم المحلول الذي يمكن تحضيره من إذابة ٦,٥ غم من سيانيد البوتاسيوم KCN ليصبح تركيز المحلول ٠,٣ م.

**الحل:**

$$\text{عدد مولات KCN} = \frac{\text{كتلة KCN}}{\text{الكتلة المولية لـ KCN}} = \frac{6,5}{65} = \frac{1}{10} = 0,1 \text{ مول}$$

$$M = \frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{الكتلة المولية للمذاب} \times \text{حجم المحلول (لتر)}}$$

$$0,3 = \frac{0,1}{\frac{\text{الحجم}}{\text{الحجم}}}$$

$$\frac{\text{الحجم}}{3} = \frac{0,1}{0,3}$$

هل تعلم:

أن سيانيد البوتاسيوم سام جداً بحيث أن 1 ppm قد يؤدي إلى الوفاة؟

**مثال (٦):** احسب كتلة كبريتات الأمونيوم  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  اللازمة لتحضير ٤٠٠ سم<sup>٣</sup> من محلول تركيزه يساوي ٠,٢٥ م.

**الحل:**

$$\text{الكتلة المولية للملح} = 132 \text{ غم/مول}$$

$$\text{الكتلة} = \text{المولارية} \times \text{الكتلة المولية} \times \text{الحجم}$$

$$= 0,25 \times 132 \times 0,4 \text{ (لتر)} = 13,2 \text{ غم}$$

$$= 13,2 \text{ غم } (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$$

**نشاط: تحضير محاليل ذات تركيز معين:**

**المواد والأدوات:** دورق حجمي سعته ١٠٠ سم<sup>٣</sup>، كأس سعته ١٠٠ سم<sup>٣</sup>،  $\text{NaCl}$ ،  $\text{NaOH}$ ،  $\text{H}_2\text{SO}_4$

**خطوات العمل:**

١ اوجد كتلة الكاس وهي فارغة وجافة باستخدام ميزان حساس .

٢ ضع قليلا من  $\text{NaCl}$  (حوالي ٢ غم) في الكاس وزنها بدقة .

- ٣ اذب الملح الموجود في الكاس بقليل من الماء وصبه في الدورق الحجمي بحرص .
  - ٤ اغسل الكاس عدة مرات بقليل من الماء وأضف الغسيل الى الدورق الحجمي .
  - ٥ اكمل حجم المحلول في الدورق الحجمي الى علامة ١٠٠ سم<sup>٣</sup> الموجودة على عنق الدورق .
  - ٦ اوجد كتلة الملح المذاب بدقة ومنه احسب تركيز المحلول .
  - ٧ كرر الخطوات السابقة باستخدام المواد الاخرى .
- $$\text{تركيز المحلول (مول/ لتر)} = \frac{\text{كتلة المذاب } 1000 \times}{(\text{الكتلة المولية للمذاب}) 100 \times}$$

### المولالية (م):

تعلمت بأن عدد مولات المذاب في لتر من محلوله يعطي التركيز المولاري للمحلول (م)، فإذا استخدمنا عدد مولات المذاب في كيلوغرام واحد من المذيب (١٠٠٠غم)، يسمى تركيز المحلول في هذه الحالة بالمولالية، ويرمز له بالرمز (م) وبصورة رياضية :

$$\text{المولالية (مول/ كغم)} = \frac{\text{عدد مولات المذاب (مول)}}{\text{كتلة المذيب (كغم)}}$$

أي أن: م =  $\frac{\text{ن}}{\text{ك (كتلة المذيب)}}$

$$\text{م} = \frac{\text{كتلة المذاب (غم)}}{\text{الكتلة المولية للمذاب (غم/ مول) \times \text{كتلة المذيب (غم)}} \times 1000 \text{ (غم/ كغم)}$$

يعد التعبير عن تركيز المحلول بالمولالية مفيداً أكثر من المولارية، فإذا أخذنا محلولين لهما نفس التركيز المولالي فإن النسبة بين عدد دقائق المذاب والمذيب فيهما تكون واحدة، اثبت ذلك .

**سؤال:** أيهما يتغير بارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة: التركيز المولاري أم التركيز المولالي لمحلول ما؟  
فسر إجابتك .

ويمكن توضيح حسابات المولالية كما في الأمثلة الآتية :

**مثال (٧):** احسب تركيز المحلول بالمولالية (م) عند إذابة ٧٨٤غم من حمض الكبريتيك في ٤ لتر ماء .

**الحل:** كتلة الماء = كثافة الماء × الحجم = ١,٠ (غم/ سم<sup>٣</sup>) × ٤٠٠٠ (سم<sup>٣</sup>) = ٤٠٠٠ غم = ٤ كغم

$$\text{عدد مولات } H_2SO_4 = \frac{\text{كتلة } H_2SO_4}{\text{كتلته المولية}} = \frac{784}{98} = 8 \text{ مول}$$

$$\text{المولالية} = \frac{\text{عدد مولات } H_2SO_4}{\text{كتلة المذيب (كغم)}} = \frac{8}{4} = 2 \text{ (م)}$$

**مثال (٨):** إذا كانت ذائبية كلوريد الصوديوم عند درجة ٢٠°س تساوي ٣٦,٠ غم لكل ١٠٠ غم ماء، ما هي أقصى مولالية لهذا المحلول؟

**الحل:**

الكتلة المولية لملح الطعام = ٥٨,٤٥ غم

كتلة الملح المذابة في لتر ماء = كتلة الملح المذابة في كغم ماء

$$36,0 = \frac{1000 \times 36,0}{100} =$$

$$\text{عدد مولات الملح المذابة} = \frac{\text{الكتلة}}{\text{الكتلة المولية}} = \frac{36,0}{58,45} = 6,16 \text{ مول}$$

$$\text{المولالية} = \frac{\text{عدد مولات}}{\text{كتلة المذيب (كغم)}} = \frac{6,16}{1,0} = 6,16 \text{ (م)}$$

**مثال (٩):** محلول من حمض الكبريتيك كثافته ١,١٩٨ غم/سم<sup>٣</sup> ويحتوي على ٢٧٪ من كتلته H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> احسب مولارية ومولالية المحلول.

**الحل:**

نفرض أن لدينا ١٠٠ سم<sup>٣</sup> من المحلول، فنجد كتلة المحلول من العلاقة الرياضية الآتية:

كتلة المحلول = الكثافة × الحجم

$$1,198 \text{ غم/سم}^3 \times 100 \text{ سم}^3 = 119,8 \text{ غم}$$

نجد كتلة المذاب من العلاقة الآتية:

$$\text{النسبة المئوية للمذاب (الكتلية)} = \frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{كتلة المحلول}} \times 100\%$$

$$27\% = \frac{\text{س}}{119,8} \times 100\%$$

$$100 \text{ س} = 119,8 \times 27$$

$$\text{س} = 32,35 \text{ غم H}_2\text{SO}_4$$

نحسب عدد مولات H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> في المحلول

$$\text{عدد المولات} = \frac{\text{كتلة المادة}}{\text{الكتلة المولية}} = \frac{32,35}{98} = 0,33 \text{ مول}$$

نحسب تركيز المحلول بالمولارية

$$M = \frac{\text{عدد المولات}}{\text{حجم المحلول باللتر}} = \frac{0,33}{0,1} = 3,3 \text{ (م)}$$

نحسب تركيز المحلول بالمولالية

$$m = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب (كغم)}}$$

$$\text{كتلة المذيب} = 119,8 - 32,35 = 87,45 \text{ غم}$$

$$m = \frac{0,33}{0,08745} = 3,77 \text{ (م)}$$

### الكسر المولي (X):

ويعرف الكسر المولي بأنه نسبة عدد مولات المذاب إلى مجموع مولات مكونات المحلول ، ويرمز له بالرمز (X) ، وهذه الطريقة في التعبير عن تركيز المحلول هي من أفضل الطرق للتعبير عن التركيز إذ إنها لا تعتمد على حجم مكونات المحلول . وبما أن الكسر المولي نسبة بين قيمتين لهما نفس وحدة القياس فإنه لا يوجد وحدة لقياس الكسر المولي . ويعبر عنه (X) بالرمز بالعلاقة الرياضية الآتية :

$$\text{الكسر المولي للمذاب (X)} = \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{عدد مولات المذيب} + \text{عدد مولات المذاب}}$$

وبناء عليه يكون :

$$\text{الكسر المولي للمذيب} + \text{الكسر المولي للمذاب} = 1$$

ولتتعرف حسابات الكسر المولي تمعن الأمثلة الآتية :

**مثال (١٠):** احسب الكسر المولي لكل من الكحول والماء في محلول يتكون من ٢ مول كحول و ٥ مول ماء :

**الحل:** مجموع عدد مولات مكونات المحلول = ٥ + ٢ = ٧ مول

$$X \text{ للكحول} = \frac{\text{عدد مولات الكحول}}{\text{عدد مولات الماء} + \text{عدد مولات الكحول}} = \frac{2}{5+2} = \frac{2}{7}$$

$$X \text{ للماء} = \frac{5}{5+2} = \frac{5}{7}$$

**مثال (١١):** احسب الكسر المولي لكل مكونات محلول يحتوي على ٣٦,٠ غم من الماء و ٤٦,٠ غم من الجليسرين .  
**الحل:** الكتلة المولية للجليسرين = ٩٢,٠ غم ، وللماء = ١٨,٠ غم/مول .

$$\text{إذن عدد مولات الجليسرين} = \frac{46,0}{92,0} = 0,50 \text{ مول}$$

$$\text{عدد مولات الماء} = \frac{36,0}{18,0} = 2,0 \text{ مول}$$

مجموع المولات الكلية في المحلول = ٢,٠ + ٠,٥ = ٢,٥٠ مول

$$X \text{ للجليسرين} = \frac{0,5}{2,5} = 0,20$$

$$X \text{ للماء} = \frac{2,0}{2,5} = 0,80$$

**مثال (١٢):** محلول مائي يحتوي على ٢٠٪ من كتلته كبريتات المغنيسيوم  $\text{MgSO}_4$  ، احسب الكسر المولي لمكونات المحلول .

**الحل:** نفرض أن لدينا ١٠٠ غم من المحلول ، فيكون المحلول محتوياً على ٢٠ غم  $\text{MgSO}_4$  و ٨٠ غم ماء .  
 الكتلة المولية لكبريتات المغنيسيوم = ١٢٠,٤ غم/مول

$$\text{إذن عدد مولات } \text{MgSO}_4 = \frac{20,0}{120,4} = 0,166 \text{ مول}$$

$$\text{عدد مولات الماء} = \frac{80,0}{18,0} = 4,44 \text{ مول}$$

مجموع مولات مكونات المحلول = مولات  $\text{MgSO}_4$  + مولات الماء  
 = ٠,١٦٦ + ٤,٤٤ = ٤,٦١ مول

$$X \text{ لكبريتات المغنيسيوم} = \frac{0,166}{4,61} = 0,360$$

$$X \text{ للماء} = \frac{4,44}{4,61} = 0,9640$$

**مثال (١٣):** محلول من البنزين ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) والكلوروفورم ( $\text{CHCl}_3$ ) يحتوي على كسر مولي للبنزين ٠,٤٥٠ ، احسب النسبة المئوية الكتلية للبنزين في المحلول .

**الحل:** نفرض أن عدد مولات البنزين = ٠,٤٥ مول

إذن عدد مولات الكلوروفورم = ١ - ٠,٤٥ = ٠,٥٥ مول

الكتلة المولية للبنزين = ٧٨,١ غم/مول

$$\begin{aligned}
& \text{الكتلة المولية للكلوروفورم} = 119,0 \text{ غم/مول} \\
& \text{إذن كتلة البنزين} = \text{عدد المولات} \times \text{الكتلة المولية للبنزين} \\
& = 450, \times 0,1 \times 78,1 = 35,1 \text{ غم بنزين} \\
& \text{كتلة الكلوروفورم} = \text{عدد المولات} \times \text{الكتلة المولية للكلوروفورم} \\
& = 119,0 \times 0,55 = 65,5 \text{ غم كلوروفورم} \\
& \text{مجموع كتلة مكونات المحلول} = \text{كتلة البنزين} + \text{كتلة الكلوروفورم} \\
& = 35,1 + 65,5 = 100,6 \text{ غم} \\
& \text{النسبة المئوية الكتلية للبنزين} = \frac{\text{كتلة البنزين}}{\text{مجموع كتل مكونات المحلول}} \times 100\% \\
& = \frac{35,1}{100,6} \times 100\% = 34,9\%
\end{aligned}$$

## ٢-٢ حسابات التخفيف

لعلك قد لجأت إلى إضافة كمية من الماء النقي للتخفيف من ملحوظة حساء أعدته في منزلك ، أو إضافة مزيد من محلول الشاي إلى كوب من الشاي شعرت أن سكره زائد . إن ما قمت به في الحالتين السابقتين يسمى تخفيفاً . ومن أساسيات تخفيف المحاليل هي أن عدد مولات المذاب في المحلول المركز يساوي عدد مولات المذاب في المحلول المخفف ، وإن الاختلاف الوحيد بينهما هو كمية المذيب فقط ، فهي في المحلول المخفف أكبر من المحلول المركز . وتكمن أهمية مبدأ التخفيف في أنه يمكننا من تحضير محاليل بتركيزات مختلفة ونسبة خطأ قليلة ؛ لأن تحضير محلول بتركيز قليل جداً عن طريق إذابة كتلة صغيرة جداً من المذاب يؤدي إلى نسبة خطأ كبيرة ، ويمكنك الاستعانة بالعلاقة الرياضية الآتية لإجراء حسابات التخفيف لمحلول ما .

عدد مولات المذاب في المحلول المركز = عدد مولات المذاب في المحلول المخفف

وبما أن : عدد مولات المذاب = تركيز المحلول (م)  $\times$  حجم المحلول (لتر)  
فإن :

تركيز المحلول المركز  $\times$  حجم المحلول المركز = تركيز المحلول المخفف  $\times$  حجم المحلول المخفف

وبالرموز :

$$C_1 \times V_1 = C_2 \times V_2$$

حيث إن :  $C_1$  : تركيز المحلول الأول  $C_2$  : تركيز المحلول الثاني  
 $V_1$  : حجم المحلول الأول  $V_2$  : حجم المحلول الثاني

الأمثلة الآتية توضح حسابات التخفيف :

**مثال (١٤):** محلول هيدروكسيد الصوديوم تركيزه ٤,٠ م، أخذت كمية منه حجمها ٥٠٠ سم<sup>٣</sup> منه، وأضيف إليها كمية من الماء حتى أصبح تركيزها ١,٠ م، احسب حجم الماء المضاف .

**الحل:** بتطبيق معادلة التخفيف :

$$\text{حجم المحلول الأول} \times \text{تركيز المحلول الأول} = \text{حجم المحلول الثاني} \times \text{تركيز المحلول الثاني}$$

$$٥٠٠ (\text{سم}^٣) \times ٤,٠ (م) = ١,٠ (م) \times \text{ح}$$

$$\text{حجم المحلول الثاني} = \text{ح} = \frac{٥٠٠}{١,٠} \times ٤ = ٢٠٠٠ \text{ سم}^٣$$

حجم الماء المضاف = حجم المحلول الثاني - حجم العينة من المحلول الأول

$$= ٢٠٠٠ - ٥٠٠ = ١٥٠٠ \text{ سم}^٣ = ١,٥ \text{ لتر}$$

**مثال (١٥):** احسب حجم محلول HCl تركيزه (٢,٠ م) الذي يمكن تحضيره من تخفيف ٨٠٠ سم<sup>٣</sup> من محلول HCl تركيزه (١٥,٠ م).

**الحل:** بتطبيق معادلة التخفيف :

$$\text{حجم المحلول الأول} \times \text{تركيز المحلول الأول} = \text{حجم المحلول الثاني} \times \text{تركيز المحلول الثاني}$$

$$٨٠٠ (\text{سم}^٣) \times ١٥ (م) = ١,٢ (م) \times \text{ح}$$

$$\text{حجم محلول HCl المخفف} = \text{ح} = \frac{٨٠٠}{١,٢} \times ١٥ = ١٠٠٠٠ \text{ سم}^٣ = ١٠ \text{ لتر}$$

**مثال (١٦):** احسب حجم حمض الكبريتيك المركز (كثافته = ١,٨٤ غم/سم<sup>٣</sup>) ونسبته المئوية الكتلية تساوي ٩٨٪ اللازم لتحضير محلول حجمه :

**أ** لتر واحد وتركيزه ٠,٥ (م)

**ب** ٢٠٠ سم<sup>٣</sup> وتركيزه ٠,٢٥ (م)

**الحل:** نقوم أولاً بحساب تركيز الحمض المركز بالمولارية

الكتلة الجزيئية لحمض الكبريتيك = ٩٨,١ غم

كتلة H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> الموجودة في لتر واحد من الحمض المركز = التركيز × الكثافة × الحجم

$$= \frac{٩٨}{١٠٠} \times ١,٨٤ (\text{غم/سم}^٣) \times ١٠٠٠ (\text{سم}^٣) = ١٨٠٣,٢ \text{ غم/لتر H}_2\text{SO}_4$$



$$\frac{\text{كتلة الحمض (غم)}}{\text{كتلته المولية (غم/مول)}} = \text{عدد مولات الحمض المركز}$$

$$18,4 \text{ مول} = \frac{1803,2}{98,1}$$

$$\text{المولارية (م)} = \frac{\text{ن}}{\text{ح (لتر)}} = \frac{18,4 \text{ مول}}{1 \text{ لتر}} = 18,4 \text{ م}$$

وبتطبيق معادلة التخفيف:

حجم المحلول المركز  $\times$  تركيز المحلول المركز = حجم المحلول المخفف  $\times$  تركيز المحلول المخفف

$$\text{أ } 18,4 \times \text{ح} = 1,0 \times (\text{لتر}) \times 0,5$$

$$\text{حجم المحلول المركز المطلوب (ح)} = 0,5 \times \frac{1}{18,4} = 0,0272 \text{ لتر} = 27,2 \text{ سم}^3$$

$$\text{ب } 18,4 \times \text{ح} = 200 \times (3 \text{ سم}) \times 0,25$$

$$\text{حجم المحلول المركز المطلوب (ح)} = 0,25 \times \frac{200}{18,4} = 2,72 \text{ سم}^3$$

**مثال (١٧):** احسب حجم محلول حمض الكبريتيك المركز الذي كثافته =  $1,84 \text{ غم/سم}^3$ ، وتركيزه ٩٨٪ (بالكتلة). اللازم لتحضير ١٠٠ سم<sup>٣</sup> من حمض الكبريتيك تركيزه ٢٠٪ وكثافته  $1,14 \text{ غم/سم}^3$ .

**الحل:** يلزم أولاً تغيير التراكيز من دلالة الكتلة إلى دلالة الحجم حتى تتمكن من تطبيق قانون التخفيف. كتلة  $\text{H}_2\text{SO}_4$  لكل سم<sup>٣</sup> في محلول الحامض ذي التركيز ٢٠٪ = الكثافة (غم/سم<sup>٣</sup>)  $\times$  التركيز

$$= 1,14 \times \frac{20}{100} = 0,228 \text{ غم/سم}^3$$

كتلة  $\text{H}_2\text{SO}_4$  لكل سم<sup>٣</sup> في محلول الحمض ذي التركيز ٩٨٪ = الكثافة (غم/سم<sup>٣</sup>)  $\times$  التركيز

$$= 1,84 \times \frac{98}{100} = 1,80 \text{ غم/سم}^3$$

حجم المحلول المركز  $\times$  تركيز المحلول المركز = حجم المحلول المخفف  $\times$  تركيز المحلول المخفف

$$\text{ح } 1,8 \times 1,80 \text{ (غم/سم}^3\text{)} = 100 \text{ (سم}^3\text{)} \times 0,228 \text{ (غم/سم}^3\text{)}$$

$$\text{حجم الحمض المركز المطلوب} = \text{ح} = 100 \times \frac{0,228}{1,8} = 12,7 \text{ سم}^3$$

- ١ عرف الآتية : المولارية ، الكسر المولي ، المولالية .
- ٢ احسب مولارية محلول يتكون من إذابة ٣٧,٥ غم من  $Ba(MnO_4)_2$  في ١,٥ لتر ماء .
- ٣ كم غراماً من  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  يلزم لتحضير لتر واحد من محلول  $CuSO_4 \cdot O$  تركيزه ١,٠ (م)؟
- ٤ احسب مولارية محلول الملح في كل من المحاليل الآتية :
  - أ ١٦٦ غم  $KI$  مذابة في لتر ماء
  - ب ٣٣,٠ غم  $(NH_4)_2SO_4$  في ٢٠٠ سم<sup>٣</sup> ماء
  - ج ١٢,٥ غم  $CuSO_4 \cdot 5H_2O$  في ١٠٠ سم<sup>٣</sup> ماء
- ٥ احسب كتلة هيدروكسيد الصوديوم وكتلة الماء اللازمتين لتحضير ١٠٠ غم من محلول يحتوي على ١٩,٧٪ من كتلته  $NaOH$  .
- ٦ احسب كتلة كلوريد الأمونيوم  $NH_4Cl$  اللازمة لتحضير ١٠٠ سم<sup>٣</sup> من محلول  $NH_4Cl$  الذي تركيزه ٧٠ ملغم لكل سم<sup>٣</sup> .
- ٧ احسب كتلة  $CaCl_2 \cdot 6H_2O$  اللازمة لتحضير ٢,٠ لتر من محلول كلوريد الكالسيوم  $CaCl_2$  تركيزه ١,٥ (م) .
- ٨ يحتوي محلول ذو كفاءة عالية في ازالة الزيوت المعدنية عن الملابس على المكونات الآتية (بالحجم) : ٨٠٪ رابع كلوريد الكربون ، ١٦٪ بنزين ، ٤٪ كحول إيثيلي . احسب حجم كل من هذه المواد اللازم لتحضير ٧٥ سم<sup>٣</sup> من المحلول .
- ٩ محلول من نترات النيكل  $Ni(NO_3)_2$  تركيزه ٠,٢ (م) ، احسب حجم المحلول الذي يحتوي على ٠,٥ غم من أيونات النيكل  $Ni^{+2}$  ؟
- ١٠ احسب حجم محلول حمض الكبريتيك المركز (كثافته النسبية ١,٨٤ غم/سم<sup>٣</sup> ، ويحتوي على ٩٣,٢٪ من كتلته  $H_2SO_4$ ) اللازم لتحضير محلول من الحمض حجمه ٥٠٠ سم<sup>٣</sup> وتركيزه ١,٥ (م)؟ .
- ١١ احسب كتلة بيرمنجنات البوتاسيوم  $KMnO_4$  اللازمة لتحضير محلول من  $KMnO_4$  حجمه ٨٠ سم<sup>٣</sup> وتركيزه ٠,٢٥ (م)؟

- ١٢ احسب مولارية كل من المحاليل المائية الآتية :
- أ ١, ٥ مول إيثانول مذاب في ٨, ٤ لتر محلول .
- ب ١٠ سم<sup>٣</sup> جليسرين ( $C_3H_8O_3$ ) كثافته ١, ٢٦ غم/سم<sup>٣</sup> مذاب في ٢٥٠ سم<sup>٣</sup> من المحلول .
- ج ١٢٥ غم يوريا ( $NH_2CONH_2$ ) نقاوتها ٩٨, ٦٨ % مذابة في ٥, ٠ لتر من المحلول
- ١٣ احسب مولالية المحاليل الآتية :
- أ ٠, ٦٥ مول من سكر الجلوكوز  $C_6H_{12}O_6$  مذاب في ٢٥٠ سم<sup>٣</sup> ماء
- ب ١٠, ١ غم يود مذابة في ٠, ٢٥ لتر من رابع كلوريد الكربون الذي كثافته ١, ٦٠ غم/سم<sup>٣</sup> .
- ج ١٥, ٢ غم يوريا مذابة في ١٠٠ سم<sup>٣</sup> مذيب (كثافته = ٠, ٧٩ غم/سم<sup>٣</sup>) .
- ١٤ محلول من كبريتات الصوديوم المائية  $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$  تركيزه ٦, ٤٠ م، تم تبريده من درجة ٢٠ س إلى درجة صفر س، فإذا كانت ذائبية هذا الملح هي ٩, ٥ غم/ ١٠٠ غم ماء عند درجة الصفر س، احسب :
- أ كتلة الملح التي تبلورت (ترسبت) بعد التبريد .
- ب مولارية المحلول الناتج (بعد التبريد) .
- ج ماذا تستنتج من ذائبية هذا الملح بتغير درجة الحرارة؟
- ١٥ محلول كثافته ١, ٢٤ غم/سم<sup>٣</sup> يتكون من ٩٠ % جليسرين ( $C_3H_8O_3$ ) و ١٠ % ماء (بالكتلة )، احسب :
- أ مولارية و مولالية المحلول على فرض أن الماء هو المذيب .
- ب الكسر المولي للجليسرين في المحلول .
- ١٦ احسب حجم المحلول الذي تركيزه ٩٥ % ( بالكتلة ) وكثافته ٨١, ٠ غم/سم<sup>٣</sup> الذي يلزم استخدامه لتحضير ١٥٠ سم<sup>٣</sup> من محلول تركيزه ٣٠ % ( بالكتلة ) وكثافته ٩٦, ٠ غم/سم<sup>٣</sup> .
- ١٧ احسب حجم حمض النيتريك المخفف (كثافته = ١, ١١ غم/سم<sup>٣</sup> وتركيزه ١٩ % من كتلته  $HNO_3$ ) الذي يمكن تحضيره بتخفيف ٥٠ سم<sup>٣</sup> من الحمض المركز بالماء ( كثافة الحامض المركز = ١, ٤٢ غم/سم<sup>٣</sup> وتركيزه ٦٩, ٨ % من كتلته  $HNO_3$ ) ، احسب مولارية و مولالية كل من الحمض المركز والمخفف .
- ١٨ يحتوي ١٠٠ سم<sup>٣</sup> من دم الإنسان على ١٨ ملغم من أيونات البوتاسيوم و ٣٦٥ ملغم من أيونات الكلوريد احسب التركيز بوحدات المولية لكل من هذه الأيونات إذا علمت أن كثافة الدم = ١, ٠ غم/سم<sup>٣</sup> .

## الفصل الثالث الخواص الجامعة للمحاليل

تعلمت أن المادة السائلة النقية لها خواص فيزيائية مميزة مثل درجة الغليان ودرجة الانصهار والكثافة والضغط البخاري تحت تأثير ظروف معينة من درجة الحرارة والضغط الجوي . وقد وجد أن المحاليل تختلف في بعض خواصها عن المذيب النقي المكون لها تحت نفس الظروف ، وأن بعض هذه الخواص تعتمد فقط على تركيز المذاب في المحلول ، وتدعى الخواص الجامعة للمحاليل ، فما الخواص الجامعة للمحاليل؟ وما أثر التركيز عليها؟ وهل تعتمد هذه الخواص على كون المذاب أيونياً أم لا؟ هذه الأسئلة ، وأخرى غيرها ستتمكن من الإجابة عنها بعد دراستك لهذا الفصل وستكون قادراً على أن :

- ١ تتعرف الخواص الجامعة للمحاليل .
- ٢ تتعرف أثر التركيز على انخفاض الضغط البخاري للمحلول .
- ٣ تتعرف أثر التركيز على ارتفاع درجة غليان المحلول
- ٤ تتعرف أثر التركيز على انخفاض درجة تجمد المحلول .
- ٥ تتعرف أثر التركيز على الضغط الأسموزي للمحلول .
- ٦ تحل مسائل حسابية متعلقة بالخواص الجامعة للمحاليل .

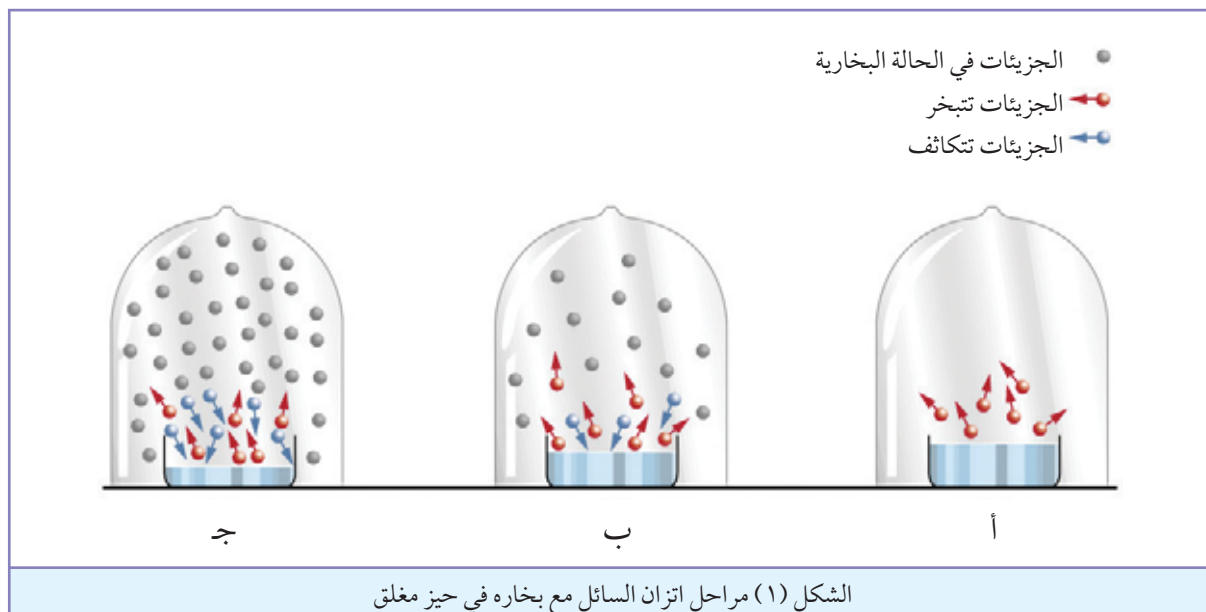
## ١-٣ الخواص الجامعة للمحاليل غير الأيونية

ترتبط جزيئات السائل بعضها ببعض بقوى تعتمد على ماهية جزيئات السائل (نوع الذرات وشكل الجزيء) ، وتتحكم هذه الروابط في الطاقة الحركية لجزيئات السائل ، وتفسر التغير في بعض خواصه الفيزيائية عند التأثير على السائل بعامل خارجي ، مثل درجة الحرارة أو الضغط أو إضافة مادة غير متطايرة .

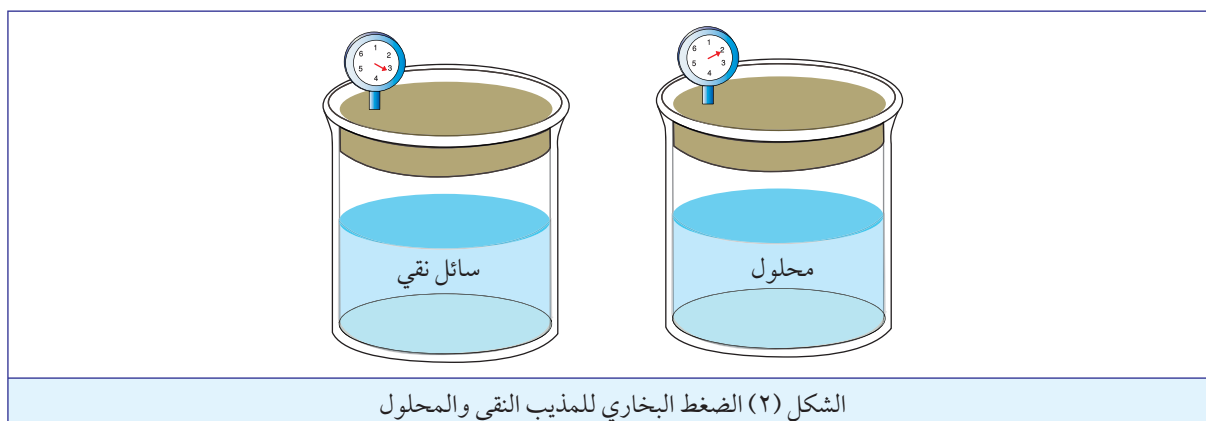
### انخفاض الضغط البخاري للمحلول

إذا تركت كمية من سائل مثل الماء في إناء مفتوح عند درجة حرارة الغرفة ، فإن كمية السائل تبدأ بالنقصان مع مرور الزمن بسبب التبخر ، فكيف تمت عملية التبخر؟ هناك عوامل عدة تؤثر في سرعة تبخر السائل ، منها القوى المتبادلة بين جزيئاته حيث تكون هذه القوى في داخل السائل أكبر منها على السطح . فإذا وصل جزيء إلى سطح السائل وكانت طاقته الحركية كافية للتغلب على قوة ارتباطه مع الجزيئات المجاورة فإنه يهرب إلى الحيز الخارجي (يتبخر) ؛ أي أن عملية التبخر تحدث من على سطح السائل وليس من داخله . ومع إمكانية احتمال عودة بعض الجزيئات المتبخرة إلى السائل مرة أخرى (يتكثف) إلا أن عملية التبخر تستمر حتى ينفذ السائل من الإناء . فماذا لو كان السائل في وعاء محكم الإغلاق؟

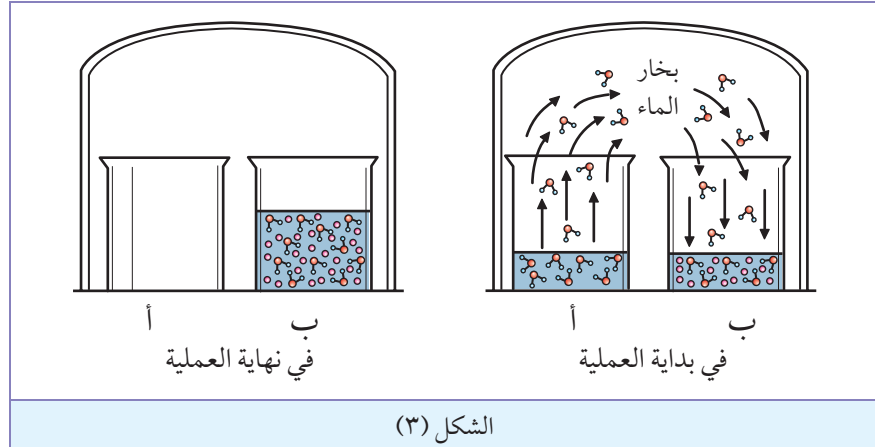
يبدأ السائل بالتبخر وتنحصر الجزيئات المتبخرة في الفراغ الموجود فوق سطح السائل ، ومقابل ذلك تتكاثف بعض الجزيئات ، وفي البداية تكون سرعة التبخر أكبر من سرعة التكاثف ، ولكن مع مرور الوقت تزداد سرعة التكاثف بسبب ازدياد عدد الجزيئات في الحالة الغازية ، وتقل سرعة التبخر حتى تتساوى السرعتان مع ثبوت درجة الحرارة . وفي هذه الحالة يوصف النظام (السائل وبخاره المحصورين) إنه في حالة اتزان ديناميكي .  
تمعن الشكل (١).



ويمارس البخار فوق السائل ضغطاً على سطح السائل يسمى **الضغط البخاري للسائل** . وهذا الضغط يبقى ثابتاً ما دام الإناء مغلقاً ودرجة الحرارة ثابتة ، ولكن تتغير قيمته مع تغير درجة الحرارة .  
ماذا يحدث عند إذابة مادة غير متطايرة في سائل ؟ لقد وجد أن الضغط البخاري للمحلول الناتج يكون دائماً أقل من الضغط البخاري للمذيب النقي على نفس درجة الحرارة (شكل ٢) ، ويعزى ذلك إلى أن قوى التجاذب بين جزيئات المذيب وجزيئات المذاب تقلل من الطاقة الحركية لجزيئات المذيب وبالتالي تقلل من عدد جزيئات المذيب التي تتبخر من سطح المحلول .



إذا وضعنا إناءين منفصلين داخل حيز مغلق كما في الشكل (٣) ووضعنا في الإناء (أ) ١٠٠ سم<sup>٣</sup> من ماء نقي ووضعنا في الإناء (ب) ١٠٠ سم<sup>٣</sup> من محلول حمض الكبريتيك (غير متطاير) المخفف فما الذي يحدث لكمية السائل في الأناءين مع مرور الوقت؟ سوف نجد أن حجم الماء في الإناء (أ) قد نقص أما حجم المحلول في الإناء (ب) فقد زاد، لماذا؟ .



#### قضية للمناقشة:

إذا استخدمنا محلولين مختلفين في التركيز بدل الماء النقي ومحلول حامض الكبريتيك في الشكل (١)، ماذا نتوقع أن يحصل؟ فسر إجابتك.

الضغط البخاري للماء النقي أكبر من الضغط البخاري لمحلول حمض الكبريتيك، وبناء عليه يكون عدد جزيئات الماء المتبخرة من الإناء (أ) أكبر من عدد جزيئات الماء المتبخرة من الإناء (ب)، وبسبب قلة الضغط البخاري لمحلول  $H_2SO_4$  فإن عدد جزيئات الماء التي تتكاثف في المحلول (ب) يكون أكبر من تلك التي تتكاثف في الماء النقي وذلك حتى يحافظ المحلول على حالة اتزان مع بخار الماء في الحيز المغلق، وتستمر العملية مع مرور الوقت حتى يتبخر جميع الماء النقي ليتكاثف في المحلول.

ويعتمد الانخفاض في الضغط البخاري للمحلول على تركيز المذاب في المحلول ودرجة الحرارة، وقد قام العالم راؤول (F. M. Raoult) بدراسة العلاقة بين الضغط البخاري للمحاليل الثنائية (مذاب واحد) وكمية المذاب فوجد أن الانخفاض في الضغط البخاري للمحلول يتناسب طردياً مع كل من الكسر المولي للمذاب عند ثبوت درجة الحرارة، ويمكن حساب الضغط البخاري للمحلول من العلاقة الآتية:

الضغط البخاري للمحلول = الكسر المولي للمذيب  $\times$  الضغط البخاري للمذيب النقي

وبالرموز:  $P_{\text{محلول}} = X_{\text{مذيب}} \times P_{\text{مذيب نقي}}$

حيث إن:  $P_{\text{محلول}} =$  الضغط البخاري للمحلول.

$X_{\text{مذيب}} =$  الكسر المولي للمذيب.

$P_{\text{مذيب نقي}} =$  الضغط البخاري للمذيب النقي.

ولتتعرف حساب الضغط البخاري للمحلول من معرفة نسبة مكوناته تمعن الأمثلة الآتية :

**مثال (١):** محلول يتكون من ٦,٤ غم من مادة النفثالين مذابة في ٧٨,٠ غم بنزين ، احسب الضغط البخاري للمحلول عند درجة حرارة ٢٥ س إذا علمت أن الضغط البخاري للبنزين عند درجة حرارة ٢٥ س يساوي ١٢٥,٠ جوي ، الكتلة المولية للنفثالين هي ١٢٨,٢ غم/مول والكتلة المولية للبنزين هي ٧٨,٠ غم/مول .

**الحل:** عدد مولات البنزين  $= \frac{78,0}{78,0} = 1,0$  مول

عدد مولات النفثالين  $= \frac{6,40}{128,2} = 0,0499$  مول

الكسر المولي للمذيب (X)  $= \frac{1,00}{1,00 + 0,0499} = 0,952$

ض = ك ض

$= 0,119 = 0,125 \times 0,952$  جوي

**مثال (٢):** احسب الضغط البخاري لمحلول يتكون من ٤٠٪ (بالكتلة) من السكر ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ) ، في الماء على درجة ٢٥ س ، علما بأن الضغط البخاري للماء عند نفس درجة الحرارة يساوي ٢٦,٠ ملم زئبقاً .

**الحل:** بما أن ٤٠٪ من المحلول سكر فمن البدهي أن يمثل الماء ٦٠٪ من المحلول ، لذلك نفرض أن لدينا ١٠٠ غم من المحلول تحتوي على : ٤٠ غم سكر و ٦٠ غم ماء ، وعليه يكون عدد مولات كل من السكر والماء كما يأتي :

$\frac{40}{342} = 0,12$  مول سكر

$\frac{60}{18} = 3,3$  مول ماء

ويكون الكسر المولي للمذيب (X)  $= \frac{3,3}{3,3 + 0,12} = 0,96$

ض X = ض

$= 26,0 \times 0,96 = 25$  ملم زئبقاً .

هل تعلم:

أن ١ جوي = ٧٦٠ ملم Hg.



## ارتفاع درجة غليان المحلول

عرّف العلماء درجة غليان السائل بأنها درجة الحرارة التي يتساوى عندها الضغط البخاري للسائل مع الضغط الخارجي الواقع سطح السائل . وحيث إن الضغط البخاري لمحلول يحوي مذاباً غير متطاير أقل من الضغط البخاري للمذيب النقي ، فإن المحلول الناتج يحتاج إلى درجة حرارة أعلى حتى يصل ضغطه البخاري إلى قيمة الضغط الجوي ، وهذا يفسر ارتفاع درجة غليان المحلول . وقد وجد العلماء أنّ التغير في درجة غليان المحلول يتناسب طردياً مع كمية المادة المذابة في مقدار ثابت من المذيب ، وبصورة رياضية :

الارتفاع في درجة غليان المحلول = التركيز المولالي للمحلول  $\times$  ثابت الغليان

$$\Delta T_{\text{دغ}} = m \times K_{\text{دغ}}$$

وبصورة أخرى :

$$\Delta T_{\text{دغ}} = \left[ \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب (كغم)}} \right] \times K_{\text{دغ}}$$

$$\Delta T_{\text{دغ}} = \frac{\text{كتلة المذاب (غم)} \times \text{ثابت الغليان}}{\text{الكتلة المولية للمذاب (غم/مول)} \times \text{كتلة المذيب (غم)}} \times 1000$$

ويدعى ( $K_{\text{دغ}}$ ) بثابت الارتفاع المولالي لدرجة الغليان ، ويسمى مجازاً ثابت الغليان . وتكون وحدة قياسه (س . كغم / مول) وتتغير قيمته مع نوع المذيب فقط ؛ ويمكن استخدام خاصية الارتفاع في درجة الغليان للمحلول لحساب الكتلة المولية للمذاب باستخدام العلاقات الرياضية السابقة .

### سؤال:

أ هل تثبت درجة غليان المحلول عند ثبوت الضغط الجوي مع استمرار التسخين للمحلول؟

فسر إجابتك .

ب اشتق وحدة  $K_{\text{دغ}}$  .

مثال (٣):

إذا كانت الكتلة المولية لمركب عضوي تساوي ٥٨,٠ غم/مول، احسب درجة غليان محلول يحتوي على ٢٤,٠ غم من هذا المركب مذاباً في ٦٠٠ غم ماء عندما يكون ضغط الباروميتر هو نفس الضغط الذي يغلي عنده الماء النقي عند درجة حرارة ٩٩,٧٢٥ °س علماً بأن  $\Delta = ٠,٥١٢$ .

الحل:

$$\text{عدد مولات المذاب} = \frac{٢٤,٠}{٥٨,٠} = ٠,٤١٤ \text{ مول}$$

$$\frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب (كغم)}} = \text{مولالية المحلول}$$

$$٠,٤١٤ = \frac{٠,٤١٤}{٠,٦} = ٠,٦٩٠ \text{ (م)}$$

$$\Delta \text{ د} = \text{م} \times \text{ك} = ٠,٥١٢ \times ٠,٦٩٠ = ٠,٣٥٣ \text{ °س}$$

$$\text{درجة غليان المحلول} = ٩٩,٧٢٥ + ٠,٣٥٣ = ١٠٠,٠٧٨ \text{ °س}$$

مثال (٤):

تم تحضير محلول بإذابة ٣,٧٥ غم من مركب عضوي نقي في ٩٥ غم من الأسيتون، فإذا كانت درجة غليان الأسيتون = ٥٥,٩٥ °س ودرجة غليان المحلول = ٥٦,٥٠ °س، احسب الكتلة المولية للمركب العضوي إذا علمت أن ثابت الغليان المولالي للأسيتون = ١,٧١ °س.كغم/مول.

الحل:

$$\frac{\Delta \text{ د}}{\text{ك}} = \text{مولالية المحلول}$$

$$\Delta \text{ د} = \text{درجة غليان المحلول} - \text{درجة غليان المذيب} = ٥٦,٥٠ - ٥٥,٩٥ = ٠,٥٥ \text{ °س}$$

$$\text{مولالية المحلول} = \frac{٠,٥٥}{١,٧١} = ٠,٣٢٢ \text{ م}$$

$$\text{عدد مولات المذاب} = \text{مولالية المحلول} \times \text{كتلة المذيب (كغم)}$$

$$= ٠,٣٢٢ \times ٠,٩٥ = ٠,٣٠٦ \text{ مول}$$

$$\frac{\text{كتلة المركب المذابة}}{\text{عدد مولات المركب}} = \text{الكتلة المولية للمركب العضوي}$$

$$= \frac{٣,٧٥}{٠,٣٠٦} = ١٢٢,٥٥ \text{ غم/مول}$$

## انخفاض درجة تجمد المحلول

إذا اخذنا كاسين أحدهما يحتوي على ماء نقي والآخر يحتوي على محلول ملحي ، ووضعنا الكاسين في فريزر الثلاجة لفترة زمنية ، ماذا نلاحظ؟ نلاحظ بأن الماء النقي قد تجمد بصورة أسرع من المحلول .

فسر:

تلجأ البلديات في البلاد التي تتعرض لسقوط كميات كبيرة من الثلج في أيام الشتاء إلى رش كميات كبيرة من الملح على الثلج المتراكم ، كما يضيف سائقو السيارات مادة ضد التجمد (Antifreeze) إلى مبرد السيارة للحيلولة دون أن يجمد الماء في المبرد في أيام الشتاء الباردة ، فكيف يحدث هذا؟ .

فما الذي يحصل عند تبريد المحلول السائل؟ إن وجود دقائق المذاب في داخل المحلول يعيق تكون بلورات المذيب عند تبريدها إلى درجة تجمد المذيب النقي ، وعليه يلزم تبريد المحلول إلى درجة حرارة أقل من درجة تجمد المذيب النقي حتى يتم تكوين البناء البلوري بين جزيئات المذيب وبالتالي يتبلور المذاب ويفصل عن المذيب ، وتكون بلورات المذيب نقية وخالية من المذاب ، وتعدّ طريقة التجميد من إحدى طرق تنقية السوائل من الشوائب الصلبة الذائبة فيها .

وقد وجد العلماء أن الانخفاض في درجة تجمد المحلول يتناسب طردياً مع تركيز المذاب ، وبصورة رياضية :

الانخفاض في درجة تجمد المحلول = التركيز المولالي للمحلول  $\times$  ثابت التجمد

$$\Delta t = m \times K_f$$

وبصورة أخرى :

$$\Delta t = \left[ \frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب (كغم)}} \right] \times K_f$$

$$\Delta t = \frac{\text{كتلة المذاب (غم)} \times \text{ثابت التجمد}}{\text{الكتلة المولية للمذاب (غم/مول)} \times \text{كتلة المذيب (غم)}} \times 1000$$

هل تعلم:

أن الضغط البخاري للمحلول أقل منه للمذيب النقي ولكي يتجمد المحلول يجب تبريده إلى درجة أقل من درجة تجمد المذيب النقي؟

ويدعى الثابت ( $K_f$ ) بثابت الانخفاض المولالي لدرجة التجمد ، ويسمى مجازاً ثابت التجمد ، وتكون وحدة قياسه (س . كغم/مول) ، وتعتمد قيمته على نوع المذيب ، ويمكن استخدام ظاهرة الانخفاض في درجة تجمد المحلول لحساب الكتلة المولية للمذاب باستخدام العلاقات الرياضية السابقة .

الجدول الآتي يلخص ثابت الغليان و ثابت التجمد لعدد من المذيبات :

السائل	الصيغة الجزيئية	درجة الغليان (°س)	درجة التجمد (°س)	ثابت الغليان (كغ/مول)	ثابت التجمد (كغ/مول)
حامض الخليك	CH <sub>3</sub> CO <sub>2</sub> H	١١٨,٥	١٦,٦	٣,٠٧	٣,٩
بنزين	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	٨٠,١	٥,٥	٢,٥٣	٥,١٢
ماء	H <sub>2</sub> O	١٠٠	صفر	٠,٥١٢	١,٨٦
كافور	C <sub>10</sub> H <sub>16</sub> O	٢,٨	١٧٨,٤	٥,٩٥	٤٠
سايكلوهكسان	C <sub>6</sub> H <sub>12</sub>	٨٠,٧٤	٦,٥٥	٢,٧٩	٢٠,٠

**مثال (٦):** بالرجوع إلى الجدول السابق، جد درجة تجمد محلول تم تحضيره من إذابة ١,٥ غم من مركب كتلته المولية = ١٢٥ غم/مول في ٣٥,٠ غم من الكافور.

**الحل:** عدد مولات المذاب =  $\frac{\text{كتلة المذاب}}{\text{الكتلة المولية للمذاب}} = \frac{١,٥}{١٢٥} = ٠,٠١٢$  مول

مولالية المحلول =  $\frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{كتلة المذيب (كغم)}}$

$\Delta = ٠,٠١٢ \times \frac{٠,٣٤٣}{٠,٠٣٥٠} = ٠,٣٤٣$  (م)

$\Delta = \text{م} \times \text{ك} = ٠,٣٤٣ \times ٤٠,٠ = ١٣,٧$  °س

درجة تجمد المحلول = درجة تجمد الكافور النقي -  $\Delta$  °س

$= ١٦٨,٤ - ١٣,٧ = ١٥٤,٧$  °س

**سؤال:**

احسب درجة تجمد المحلول في المثال (٦) إذا استخدم حمض الخليك مذيباً بدل الكافور.

**مثال (٧):** يحتوي محلول على ٤,٥٠ غم من مادة مجهولة غير متطايرة مذابة في ١٢٥ غم ماء، فإذا تجمد المحلول عند درجة ٣٧٢,٠ °س دون الصفر، احسب الكتلة المولية للمادة المذابة.

**الحل:** مولالية المحلول =  $\frac{\Delta \text{ °س}}{\text{ك}} = \frac{٣٧٢}{١,٨٦} = ٢٠٠$  م

عدد مولات المذاب = مولالية المحلول  $\times$  كتلة المذيب (كغم)

$= ٢٠٠ \times ١,٢٥ = ٢٥٠$  مول

الكتلة المولية للمادة المجهولة =  $\frac{\text{كتلة المادة}}{\text{عدد المولات}} = \frac{٤,٥٠}{٢٥٠} = ١٨٠,٠$  غم/مول

## الضغط الأسموزي للمحلول (II)

يستخدم العلماء أغشية من نوع خاص للفصل بين المحاليل لأغراض تنقية المواد. وتقسم هذه الأغشية حسب قدرتها على تمرير دقائق المذيب أو المذاب أو كليهما إلى الأقسام الآتية:

١ **الأغشية غير النفاذة:** لا تسمح بمرور دقائق المذيب أو المذاب من خلالها لعدم احتوائها على مسامات، مثل الزجاج ومادة السوبرين النباتية.

٢ **الأغشية المنفذة:** تسمح بمرور دقائق المذيب والمذاب من خلال مساماتها الواسعة، مثل ورق الترشيح والجدار الخلوي السليولوزي.

٣ **الأغشية شبه المنفذة:** تحتوي على مسامات صغيرة تسمح فقط لدقائق المذيب بالمرور من خلالها، مثل ورق البرشمان الذي يصنع من جلد الماعز أو الضأن وورق السلوفان المصنوع من سيلولوز الخشب أو من القطن وغيرها من الأغشية الطبيعية كجدران الخلايا النباتية والحيوانية وبعض المركبات غير العضوية الجيلاتينية.



الشكل (٤) قياس الضغط الأسموزي لمحلول السكر

عند وضع غشاء شبه منفذ بين المحلول ومذيبه النقي أو بين محلولين مختلفين في التركيز، نلاحظ أن حجم المذيب النقي أو المحلول المخفف قد نقص بمقدار يساوي الزيادة في حجم المحلول الآخر، فكيف حصل هذا؟

### هل تعلم:

أن الثابت (ر) في قانون الضغط الأسموزي يسمى ثابت الغاز، وهو يساوي ٠,٠٨٢١ جوي . لتر / كلفن . مول؟

لا بد وأن دقائق المذيب قد انتقلت من المحلول المخفف أو من الماء النقي إلى المحلول المركز عبر الغشاء شبه المنفذ، وتعرف هذه الظاهرة بالإسموزية (Osmosis). وهي عملية تسمح لجزيئات المذيب فقط بالمرور من المحلول المخفف إلى المحلول المركز عبر غشاء شبه منفذ حتى يتساوى التركيز على جانبي الغشاء عند درجة حرارة معينة. (الشكل (٤)).

والضغط الأسموزي ويرمز له بالرمز (II) لا يعتمد على طبيعة الغشاء أو طبيعة المذاب بل يعتمد فقط على تركيز المذاب ودرجة الحرارة. ويمكن حساب الضغط الأسموزي للمحاليل من العلاقة الرياضية الآتية:

الضغط الأسموزي (II) = ثابت x المولارية x درجة الحرارة المطلقة (كلفن)

وبالرموز:  $\Pi = R \times M \times K$

**مثال (٨):** احسب الضغط الإسموزي عند درجة ١٧°س لمحلول مائي يحتوي على ١,٧٥ غم من السكروز ( $C_{12}H_{22}O_{11}$ ، كتلته المولية = ٣٤٢ غم/مول) مذاباً في ١٥٠ سم<sup>٣</sup> من المحلول.

**الحل:** عدد مولات السكروز المذابة =  $\frac{\text{كتلة السكروز}}{\text{كتلته المولية}} = \frac{١,٧٥}{٣٤٢} = ٥,١٢ \times ١٠^{-٣}$  مول

التركيز المولاري للمحلول =  $\frac{\text{عدد مولات المذاب}}{\text{حجم المحلول (لتر)}} = \frac{٥,٠٥١٢}{٠,١٥٠} = ٠,٣٤١$  (م)

درجة الحرارة المطلقة (ك°) = ٢٧٣ + ١٧ = ٢٩٠ كلفن

$\Pi = M \times R \times K^{\circ} = ٠,٣٤١ \times ٠,٠٨٢١ \times ٢٩٠ = ٠,٨١$  جوي

## اهمية ظاهرة الضغط الإسموزي

وجدت ظاهرة الضغط الإسموزي تطبيقات مهمة في حياتنا اليومية نذكر منها :

١ المحافظة على مكونات الخلية الحيوية للكائنات الحية، حيث يعمل البروتوبلازم الذي يبطن الجدار

الخلوي كغشاء شبه منفذ يسمح فقط بنفاذ جزيئات الماء من خلاله دون السماح لأيونات الأملاح.

٢ تحلية مياه البحر وذلك باستخدام ظاهرة الضغط الإسموزي المعاكس حيث تجبر جزيئات المذيب على

الانتقال من المحلول إلى السائل النقي عبر غشاء شبه منفذ وذلك بوساطة استخدام ضغط خارجي أكبر

من الضغط الإسموزي للمحلول.

٣ المحافظة على سلامة خلايا الجسم من خلال استعمال محاليل طبية مثل محلول NaCl (٩, ٠٪ بالكتلة)

يراعى فيها تركيز المحلول بحيث يعطي ضغطاً إسموزياً مساوياً للضغط الإسموزي لخلايا الجسم (Isotonic)

مما يمنع انكماشها (Crenation) أو انتفاخها وانفجارها (Hemolysis).

٤ حفظ الأطعمة بحيث يضاف الملح بكميات مناسبة تساعد على عدم تعفن مكونات الطعام إذ يكون

تركيز محلول الحفظ عالي جداً وضغطه الإسموزي أكبر بكثير من الضغط الإسموزي في داخل خلايا

البكتيريا (Hypotonic) مما يعمل على قتل البكتيريا عن طريق تجفيفها باستخراج الماء منها، وتسمى

هذه العملية البلزمة.

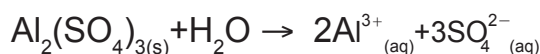
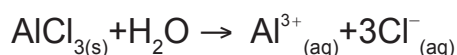
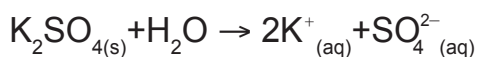
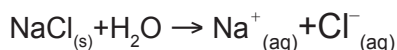
٥ في عمليات غسيل الكلى للمرضى فيتم تنقية الدم باستخدام كلية صناعية من خلال تمريره في أنبوب

خاص من السيلوفان المغمور في محلول التنقية ويكون ضغطه الإسموزي مساوياً للضغط الإسموزي

للدّم تتم من خلاله عملية طرح الفضلات إلى محلول التنقية.

## ٣-٣ خواص المحاليل الأيونية

محلول ملح الطعام المائي يوصل التيار الكهربائي ؛ لأن الملح يتأين عند إذابته في الماء ، وهذا ينطبق على معظم الأملاح حسب المعادلات الآتية :



يتضح من المعادلات السابقة أن المول الواحد من الأملاح المختلفة يعطي عند تفككها في الماء أيونات يعتمد عددها على الصيغة الكيميائية للملح . وبما أن الخواص الجامعة للمحاليل تعتمد على عدد المولات المذابة في المحلول سواء كانت جزيئات أو أيونات ، فإن تأثير هذه الأملاح على الخواص الجامعة للمحاليل يعتمد على طبيعة الملح وعلى تركيزه في المحلول . وجد العالم (فانت هوف) أن القيمة العملية لأي من الخواص الجامعة للمحاليل الأيونية تختلف عن القيمة النظرية (المحسوبة) لهذه الخاصية ، فأوجد علاقة تربط بين القيمة النظرية (المحسوبة) والقيمة العملية للخواص الجامعة للمحاليل الأيونية ذات التركيز المخفف :

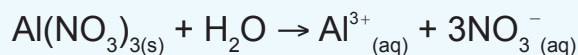
$$\text{القيمة العملية} = \text{معامل فانت هوف} \times \text{القيمة النظرية (المحسوبة)}$$

وفي المحاليل الأيونية المخففة وجد أن قيمة معامل فانت هوف تساوي مجموع أعداد مولات الأيونات في معادلة التآين الموزونة للملح . فعلى سبيل المثال يكون معامل فانت هوف لمحلول كلوريد الصوديوم المخفف = ٢ .

**سؤال:** احسب معامل فانت هوف لكل من الأملاح المخففة الآتية :  $\text{K}_2\text{SO}_4$  ,  $\text{AlCl}_3$  ,  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$

**مثال (٩):** الضغط الإسموزي النظري لمحلول نترات الألمنيوم في الماء مفترضاً عدم تأين الملح هو ٠,٠١ جوي عند درجة حرارة ٢٧ °س ، احسب القيمة العملية للضغط الإسموزي لنفس المحلول وعند نفس درجة الحرارة ، مفترضاً أن نترات الألمنيوم تتأين بالكامل وذلك باستخدام علاقة (فانت هوف) .

**الحل:** تتأين نترات الألمنيوم في المحلول المائي كالتالي :



وعليه فإن نترات الألمنيوم تعطي أيوناً واحداً من الألمنيوم وثلاث أيونات من النترات ؛ أي أن : معامل فانت هوف = ٣ + ١ = ٤

ويكون الضغط الإسموزي لمحلول نترات الألمنيوم المقاس عملياً = معامل فانت هوف  $\times$  الضغط الإسموزي لمحلول نترات الألمنيوم المحسوب نظرياً

$$= ٠,٠١ \times ٤ = ٠,٠٤ \text{ جوي}$$

- ١ وضع المقصود بالمصطلحات الآتية: الضغط البخاري، الخواص الجامعة، الضغط الإسموزي، ثابت الغليان.
- ٢ فسر ما يأتي:
  - أ الضغط البخاري للمحلول أقل من الضغط البخاري للمذيب النقي عند نفس درجة الحرارة
  - ب الارتفاع في درجة غليان المحاليل المتأينة في الماء أكبر من الارتفاع في درجة غليان المحاليل غير المتأينة في الماء على نفس التركيز.
  - ج المياه المالحة لا تصلح لري المزروعات.
- ٣ يحتوي محلول على ٤٥ غم من سكر الغلوكوز مذابة في ٥٠٠ غم ماء، فإذا تجمد المحلول على درجة ٩٣,٠°س تحت الصفر، وعلمت أن ثابت تجمد الماء يساوي ١,٨٦:
  - أ احسب الكتلة المولية لسكر الغلوكوز.
  - ب إذا كانت الصيغة الأولية لهذا السكر هي  $\text{CH}_2\text{O}$ ، أوجد صيغته الجزيئية.
- ٤ تم تحضير محلول بإذابة ٦,٥٠ غم من مادة الجلايكول الإيثيلي ( $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ ) في ٢٠٠,٠ غم ماء احسب درجة غليان ودرجة تجمد المحلول.
- ٥ احسب الضغط الإسموزي عند درجة صفر سيليسيوس لمحلول مائي يحتوي على ٦٤,٠ غم من الجليسرين ( $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ ) مذاباً في لتر واحد من الماء.
- ٦ إذا كان الضغط البخاري للماء النقي عند درجة ٢٦°س يساوي ٢٥,٢١ ملم زئبق، فما هو الضغط البخاري لمحلول يحتوي على ٢٠,٠ غم من الغلوكوز ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) مذابة في ٧٠,٠ غم ماء؟
- ٧ إذا كان الضغط البخاري للماء النقي عند درجة ٢٥°س يساوي ٢٣,٧٦ ملم زئبقاً وكان الضغط البخاري لمحلول يحتوي على ٥,٤٠ غم من مادة غير متطايرة مذابة في ٩٠ غم ماء على نفس الدرجة يساوي ٢٣,٣٢ ملم زئبقاً، احسب الكتلة المولية للمادة المذابة.



٨ محلول يتكون من إذابة ٢٥,٠ غم من مادة غير متطايرة وغير متأيّنة مذابة في ٢٠٠,٠ غم ماء يغلي على

درجة ٢٦,١٠٠ °س، احسب:

أ الكتلة المولية للمذاب.

ب الضغط البخاري للمحلول.

ج درجة تجمد المحلول.

- ١ فسر كلا مما يأتي :
  - أ الانخفاض في درجة تجمد محلول  $\text{CaCl}_2$  في الماء أكثر مرّة ونصف منه لمحلول  $\text{NaCl}$  في الماء عند نفس التركيز .
  - ب يؤدي تسرب المياه الساخنة من محطات توليد الطاقة إلى الأنهار والجداول إلى تعرض الحياة المائية فيها إلى الخطر .
  - ج كلوريد الهيدروجين المسال لا يوصل التيار الكهربائي ولكن المحلول في الماء يوصل التيار الكهربائي .
  - د يحسب مقدار الانخفاض في درجة التجمد أو الارتفاع في درجة الغليان للمحلول بدلالة المولالية وليس المولارية .
- ٢ اختر الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي :
  - ١ وحدة قياس المولارية
    - أ مول / كغم .
    - ب النسبة المئوية .
    - ج مول / لتر .
    - د لا يوجد لها وحدة قياس .
  - ٢ وحدة قياس المولالية
    - أ مول / لتر .
    - ب النسبة المئوية .
    - ج مول / كغم .
    - د لا يوجد لها وحدة قياس .
  - ٣ وحدة قياس الكسر المولي
    - أ النسبة المئوية .
    - ب مول / كغم .
    - ج مول / لتر .
    - د لا يوجد لها وحدة قياس .
- ٤ مولالية محلول يتكون من ١٠,٠ غم  $\text{NaCl}$  مذاب في ٢٥٥ غم ماء
  - أ ٠,٦٧ مول / كغم .
  - ب ١,٢ مول / كغم .
  - ج ٠,٣٢ مول / كغم .
  - د لا يمكن إيجادها .
- ٥ عند تبخير نصف كمية الماء في محلول تركيزه ١,٠ مول / كغم من سكر المائدة، فإن تركيزه :
  - أ يتضاعف .
  - ب يزداد ولكن ليس بمقدار الضعف .
  - ج يقل بمقدار النصف .
  - د يقل بمقدار الربع .

٦ قيمة الكسر المولي لأحد مكونات المحلول

- أ أكبر من ١  
ب صفر.  
ج ١,٠  
د أقل من ١

٧ عند حساب التركيز بالنسبة المئوية الكتلية من الضروري أن يكون المقام هو مجموع كتل مكونات المحلول؛ لأن:

- أ المذاب هو أقلها.  
ب ليس ضرورياً.  
ج المذيب هو المكون الأكبر.  
د حتى لا تتجاوز النسبة المئوية ١٠٠٪.

٨ أحد المخاليط الآتية يعتبر محلولاً

- أ الذهب والزئبق.  
ب الذهب والماء.  
ج الميثان والماء.  
د الميثان والفضة.

٩ إحدى الخواص الآتية ليس خاصية جامعة

- أ ارتفاع درجة الغليان.  
ب الكثافة.  
ج الضغط البخاري.  
د الضغط الإسموزي.

١٠ أحد المحاليل المائية الآتية يمتلك أقل ضغط بخاري

- أ ١,٧٥ (م) NaCl  
ب ٢,٠ (م) سكر.  
ج ٠,٥ (م) K<sub>2</sub>Se  
د غير معروف.

١١ إذا كان الضغط البخاري للأسيتون (CH<sub>3</sub>COCH<sub>3</sub>) عند درجة ٢٥ °س هو ٥٨ ملم زئبقاً، فإن الضغط

البخاري لمحلول السكر في الأسيتون تركيزه ١,٠ (م).

- أ ٥٤,٨ ملم زئبقاً.  
ب ٦١,٣ ملم زئبقاً.  
ج ٣,٢ ملم زئبقاً.  
د المعطيات غير كافية.

١٢ إذا كان الضغط البخاري لمحلول مائي هو ٢٦ ملم زئبقاً، والضغط البخاري للمذيب النقي هو ٢٨ ملم

زئبقاً عند نفس درجة الحرارة فإن الكسر المولي للمذاب في المحلول يساوي

- أ ٠,٩٢٩  
ب ٠,٠٧١  
ج ١,١٣٧  
د لا شيء مما ذكر.

١٣ أحد المحاليل الآتية لها اقل ضغط بخاري

أ ٠,٠٠٦١ مول/كغم NaCl .

ب ٠,٠٠٢٣ مول/كغم  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  .

ج ٠,٠١ مول/كغم غلوكوز ( $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ ) .

د جميع المحاليل المذكورة لها نفس الضغط البخاري .

١٤ المحاليل فوق المشبعة هي محاليل

أ يمكنها إذابة كمية جديدة من المذاب عند نفس درجة الحرارة .

ب لا يمكنها إذابة كمية أخرى من المذاب عند نفس درجة الحرارة .

ج تحتوي على كميات من المذاب أكثر مما يلزم للتشبع عند نفس درجة الحرارة .

د تكون متزنة ديناميكياً .

١٥ تعتمد الخواص الجامعة للمحاليل على

أ تركيز المحلول ولا تعتمد على طبيعة المذاب

ب طبيعة المذاب ولا تعتمد على تركيز المحلول

ج تركيز المحلول وطبيعة المذاب

د عدة عوامل منها تركيز المحلول وطبيعة المذاب

١٦ النسبة بين الخاصية الجامعة المقاسة عملياً والخاصية الجامعة نفسها المحسوبة من العلاقة الرياضية هي

أ معامل فانت هوف .

ب درجة التآين .

ج معامل التمدد الحجمي للمحلول .

د معامل الانضغاط للمحلول .

١٧ تركيز بعض المستحضرات الطبية السائلة التي تعطى للمريض عن طريق الوريد أو قطرة للعين يعتمد على

أ درجة غليان وتجمد المحلول .

ب الضغط الاسموزي لكريات الدم الحمراء أو سائل العين .

ج نوع المادة الدوائية المذابة .

د درجة حرارة جسم المريض .

١٨ عند إضافة مذاباً آخر مختلفاً عن المذاب الأول في المحلول فإن الضغط الاسموزي للمحلول الجديد

أ يقل .

ب يقل في البداية ثم يزداد .

ج يزداد .

د لا يتغير .

١٩ عند استخدام غشاء شبه منفذ يفصل بين محلولين مختلفين في التركيز ومتساويين في المستوى فإن :

- أ مستوى المحلول المركز يصبح أعلى من المحلول المخفف .
- ب مستوى المحلول المخفف يصبح أعلى من المحلول المركز .
- ج مستوى المحلولين لا يتغير .
- د النتيجة غير معروفة .

٢٠ محلول يتكون من إذابة ١٠ سم<sup>٣</sup> من الإيثانول ( $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$ ) ، كثافته = ٧٨٩ ، ٠ غم/سم<sup>٣</sup> في كمية

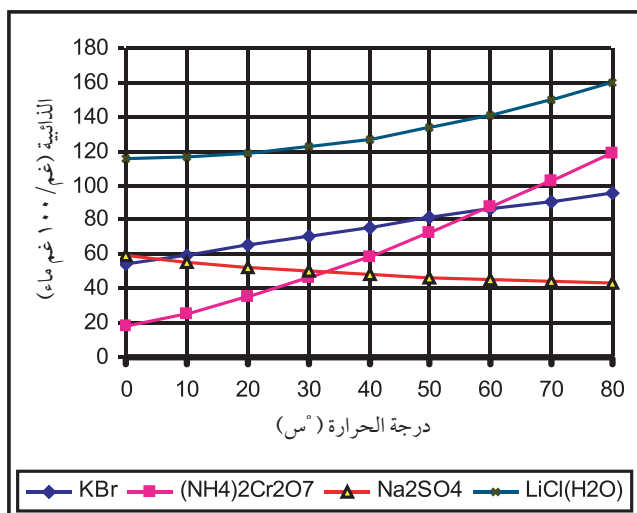
من الماء حتى أصبح حجم المحلول = ١٠٠ سم<sup>٣</sup> فإذا كانت كثافة المحلول تساوي ٩٨٣١ ، ٠ غم/سم<sup>٣</sup>

عند درجة ١٥° س و ٩٨٠٤ ، ٠ غم/سم<sup>٣</sup> عند درجة ٢٥° س احسب :

- أ الكسر المولي للمحلول عند درجة ١٥° س و ٢٥° س .
- ب مولارية المحلول عند درجة ١٥° س و ٢٥° س .
- ج مولالية المحلول عند درجة ١٥° س و ٢٥° س .
- د أي من وحدات التركيز السابقة تعتمد على درجة حرارة المحلول؟

٢١ لديك الرسم البياني الآتي لذائبية مجموعة من الأملاح :

- أ أي الأملاح أكثر ذوباناً في الماء على جميع درجات الحرارة؟
- ب أي الأملاح تتناسب ذائبيته تناسباً عكسياً مع درجة الحرارة؟ علل السبب .
- ج محلول يتكون من ١٦٠ غم KBr مذابة في ٢٠٠ غم ماء عند درجة حرارة ٥٠° س ، إذا تم تبريد المحلول إلى ٢٠° س ، ماذا يحصل لحالة المحلول؟
- د هل يمكن تحضير محلولين من ملحني مختلفين تتساوى ذائبيتهما عند نفس درجة الحرارة؟ اذكر هذه الأملاح واحسب ذائبيتهما عند هذه الدرجة من الحرارة .





# الكيمياء الحرارية



تختلف الطاقة في أشكالها وفي مصادرها، ومع زيادة الطلب على الطاقة والتناقص المستمر في مصادرها غير المتجددة فإن الأبحاث تنشط من أجل البحث عن بدائل لهذه المصادر وترشيد استهلاك ما هو متوافر منها.

يعدُّ الوقود بمختلف أنواعه مصدراً رئيساً للطاقة التي نحتاجها لإنجاز أغراض عديدة مثل التدفئة، وتوليد الكهرباء وتشغيل السيارات والقطارات وغيرها. وعند حرق المواد الأحفورية كالبترول أو الفحم مثلاً فإن الطاقة التي نحصل عليها ناتجة عن تفاعل الوقود مع الأكسجين، فكيف تولدت هذه الطاقة؟ وهل يمكن التنبؤ بقيمتها؟

هذه الأسئلة، وأخرى غيرها ستتمكن من الإجابة عنها بعد دراستك هذا الفصل وستكون قادراً على أن:

- ١ تعدد أشكال الطاقة المصاحبة للتفاعلات الكيميائية.
- ٢ تتعرف بعض المفاهيم العامة في الكيمياء الحرارية وتعطي أمثلة عليها.
- ٣ تتعرف حرارة التفاعل وتحسبها مستعيناً بقانون هس.
- ٤ تصنف التفاعلات الكيميائية إلى تفاعلات ماصة للحرارة وأخرى طاردة للحرارة.

### ١-١ أشكال الطاقة في التفاعلات الكيميائية

#### ملاحظة:

تقاس الطاقة حسب النظام العالمي للوحدات بوحدة الجول، ومن أهم مضاعفاته الكيلو جول (KJ).

تعرف الطاقة بأنها المقدرة على إنجاز شغل. فهي المسببة لحركة الرياح، وحركة الأمواج وحدوث الزلازل وغيرها من الظواهر الطبيعية. كما أن الطاقة ضرورية للكائنات الحية كي تقوم بوظائفها الحيوية، مثل الحركة والنمو وعمليات الأيض وغيرها. كما ويستخدمها الإنسان في تشغيل الآلات الزراعية والصناعية وفي وسائل النقل والمواصلات وفي مجالات شتى.

والتفاعلات الكيميائية عادة ما تكون مصحوبة بشكل أو بآخر من أشكال الطاقة، فاحتراق الجازولين، وتفاعل الحمض مع القاعدة، والتمثيل الضوئي في النبات والتفاعلات التي تحدث في العمود الجاف، وتحلل كربونات الكالسيوم، كلها تفاعلات تصاحبها أشكال مختلفة من الطاقة قابلة للتحويل فيما بينها، مثل الطاقة الحرارية، والطاقة الكهربائية، والطاقة الضوئية وغيرها. وستعرض في هذا الفصل إلى بعض أشكال الطاقة المصاحبة للتفاعلات الكيميائية.

## الطاقة الحرارية

تعدُّ الحرارة جزءاً مهماً في كثير من التفاعلات الكيميائية، فبعض التفاعلات الكيميائية تكون مصحوبة بإطلاق حرارة، وبعضها الآخر يستهلك حرارة حتى يحدث.

### ملاحظة:

يفضل عدم إجراء تفاعل التيرمايت في المختبر بسبب خطورته.

فمثلاً تستخدم الحرارة الناتجة عن تفاعل التيرمايت المبين في الشكل (١) في لحام السكك الحديدية والمعدات الثقيلة. حيث يتفاعل الألمنيوم (Al) مع أكسيد الحديد (III)  $Fe_2O_3$  كما تبينه المعادلة الكيميائية الآتية:



الشكل (١): تفاعل التيرمايت

ولتتعرف أحد التفاعلات التي يصاحبها إطلاق للحرارة قم بإجراء النشاط الآتي:

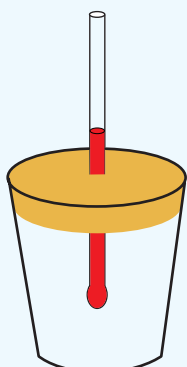
## نشاط ١: تفاعل كيميائي يطلق حرارة

### المواد والأدوات:

خل (حمض الأسيتيك ١٠ م)، وصوف معدني (سلك الجلي)، وميزان حرارة، وكأس زجاجية، وكأس بلاستيكية لها غطاء مثقوب.

### خطوات العمل:

- ١ ضع ميزان الحرارة في الوعاء البلاستيكي ذي الغطاء المثقوب مدّة ثلاثة دقائق كما في الشكل (٢).
- ٢ ضع كمية من الصوف المعدني في كأس زجاجية تحتوي على الخل مدّة دقيقتين.
- ٣ اخرج الصوف المعدني من الخل واضغطه قليلاً للتخلص من الحمض الزائد.
- ٤ اخرج ميزان الحرارة من الكأس البلاستيكية، وسجل قراءة الميزان الابتدائية.
- ٥ لف قطعة الصوف المعدني من الخطوة (٣) حول مستودع ميزان الحرارة.
- ٦ أعد ميزان الحرارة إلى وعاء البلاستيك مدّة دقيقتين.
- ٧ سجل قراءة ميزان الحرارة الجديدة (النهائية)، ما مقدار الارتفاع في درجة الحرارة؟.



الشكل (٢)



بعد إجرائك النشاط السابق لعلك لاحظت الارتفاع في درجة حرارة الميزان، مما يدل على أن حرارة نتجت من تفاعل الحديد مع حمض الأسيتيك، إن مثل هذا النوع من التفاعلات التي يصاحبها إطلاق للحرارة تسمى **تفاعلات طاردة للحرارة**.

ولتتعرف أحد التفاعلات التي تستهلك حرارة قم بإجراء النشاط الآتي :

## نشاط ٢: تفاعل كيميائي يمتص حرارة

### المواد والأدوات:

٢٥ سم<sup>٣</sup> من محلول حمض السيتريك (ملح الليمون) ٢(م) و ١٥ غم من  $\text{NaHCO}_3$  (كربونات الخبيز) وكأس زجاجية سعة ١٥٠ سم<sup>٣</sup>، وميزان حرارة وقصيب زجاجي للتحرريك.

### خطوات العمل:

- ١ ضع ٢٥ سم<sup>٣</sup> من محلول حمض السيتريك في كأس زجاجية.
- ٢ سجل درجة حرارة المحلول الابتدائية باستعمال ميزان الحرارة.
- ٣ أضف ١٥ غم من كربونات الصوديوم الهيدروجينية إلى الكأس التي تحتوي على المحلول الحمضي.
- ٤ حرك المزيج بوساطة قصيب زجاجي.
- ٥ سجل درجة الحرارة بعد دقيقتين من بداية التفاعل، وما مقدار الفرق في قراءة الميزان؟

#### ملاحظة:

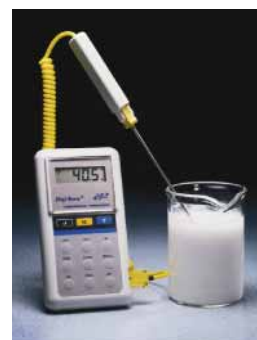
من التطبيقات العملية على النشاط المجاور صناعة أكياس التبريد السريع التي تستعمل كمادات للإسعاف.



كيس تبريد سريع



(ب) نهاية التفاعل



(أ) بداية التفاعل

تفاعل ماص للحرارة

بعد إجرائك النشاط السابق لعلك لاحظت انخفاضاً في درجة حرارة المحلول بعد إضافة كربونات الصوديوم

الهيدروجينية إلى محلول حمض الستريك ، إن مثل هذه التفاعلات التي يصاحبها انخفاض في درجة الحرارة تسمى تفاعلات ماصة للحرارة .

**سؤال:** أعط مثلاً على تفاعل طارد للحرارة وآخر ماص .

## الطاقة الكهربائية

ولتتعرف أشكالاً أخرى للطاقة المصاحبة للتفاعلات الكيميائية قم بإجراء النشاط الآتي :

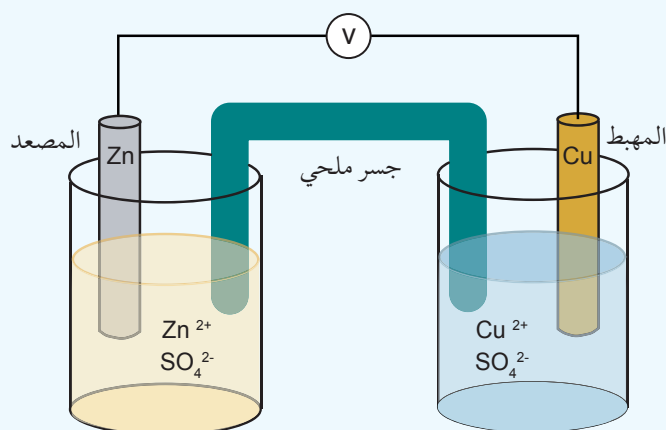
### نشاط ٣: تفاعل منتج للطاقة الكهربائية

المواد والأدوات:

٥٠ مل محلول كبريتات النحاس (II) تركيز ١ م ، و ٥٠ مل محلول كبريتات الخارصين تركيز ١ م ، وأنبوب زجاجي على شكل حرف U مفتوح من الطرفين ، وكأسان زجاجيان سعة ١٥٠ مل ، ومحلول NaCl (١ م) ، وفولتميتر ، وأسلاك توصيل نحاسية ، وصفيحة نحاس (٢ سم × ٥ سم) ، وصفيحة خارصين (٢ سم × ٥ سم) .

خطوات العمل:

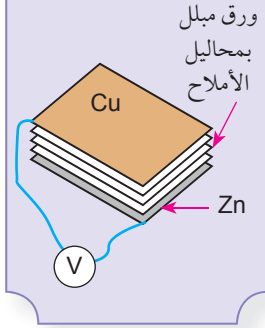
- ١ ضع ٥٠ سم<sup>٣</sup> من محلول كبريتات النحاس (II) في كأس زجاجية سعة ١٥٠ مل .
- ٢ ضع ٥٠ سم<sup>٣</sup> من محلول كبريتات الخارصين في كأس زجاجية سعة ١٥٠ مل .
- ٣ املاً الأنبوب الزجاجي على شكل حرف U بمحلول NaCl ، وضع في نهاية كل شعبة قطعة قطن لمنع انسكاب المحلول .
- ٤ ركب الجهاز كما في الشكل (٣)



الشكل (٣): الخلية الجلفانية

#### ملاحظة:

يمكن إعادة النشاط السابق بعمل خلايا بسيطة باستعمال ورق ترشيح أو أي ورق آخر كما في الشكل الآتي:



٥ صل قطب الخارصين بالطرف السالب للفولتميتر .

٦ صل قطب النحاس بالطرف الموجب للفولتميتر .

٧ ماذا تلاحظ على مؤشر الفولتميتر؟

٨ أكتب معادلة التفاعل .

بعد إجرائك النشاط السابق لعلك لاحظت أن حركة مؤشر الفولتميتر كدليل على سريان تيار كهربائي في السلك ، وهذا يعني إنتاجاً للطاقة الكهربائية .

**سؤال:** ما شكل الطاقة المرافقة لكل من التفاعلات الآتية :



### طاقة الربط

تتماسك الذرات في المركبات الكيميائية بسبب وجود روابط فيما بينها كما في جزيء الهيدروجين  $\text{H}_2$  ، وجزيء النيتروجين  $\text{N}_2$  ، وجزيء الكلور  $\text{Cl}_2$  ، وكلوريد الصوديوم  $\text{NaCl}$  ، وكلوريد البوتاسيوم  $\text{KCl}$  ، وغيرها . ولتمثيل طاقة الربط قم بإجراء النشاط الآتي :

#### نشاط ٤: طاقة الربط

**المواد والأدوات:** مغناطيس قوي ، ومغناطيس ضعيف وقطعتان متماثلتان من الحديد .

#### خطوات العمل:

١ قرب إحدى قطعتي الحديد من المغناطيس القوي حتى يتجاذبا .

٢ قرب قطعة الحديد الأخرى من المغناطيس الضعيف حتى يتجاذبا .

٣ افصل قطعة الحديد عن المغناطيس القوي .

٤ افصل قطعة الحديد عن المغناطيس الضعيف .

بعد إجراء النشاط أجب عن الأسئلة الآتية :

- أ في أي حالة تحتاج إلى طاقة أكبر عند فصل قطعة الحديد عن المغناطيس القوي أم عن المغناطيس الضعيف؟  
ب ما نوع الطاقة التي تمتلكها قطعة الحديد عند تقريبها من المغناطيس وهل هي وضع أم حركية؟

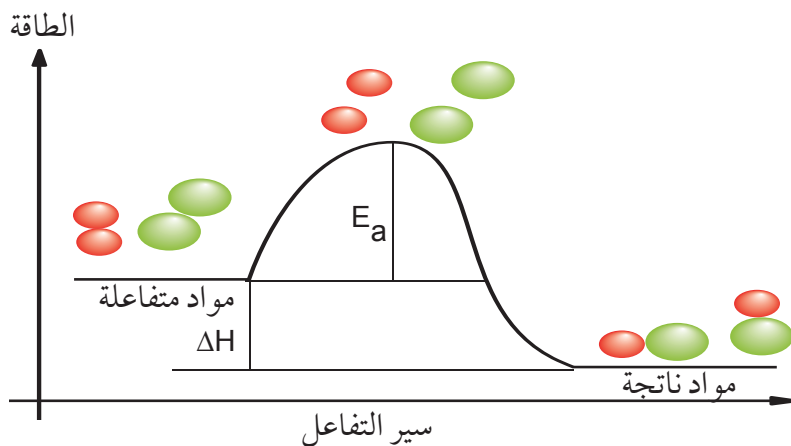
مما سبق يمكن تشبيه الروابط بين الذرات في المركبات بالتجاذب بين قطعة الحديد والمغناطيس من حيث :

- ١ الحاجة إلى طاقة لفصل قطعة الحديد عن المغناطيس وكذلك لكسر الرابطة الكيميائية .  
٢ كون قطعة الحديد تمتلك طاقة وضع معينة أثناء إنجذابها إلى المغناطيس ، كذلك تمتلك الذرات أيضاً طاقة وضع معينة خلال ترابطها .

عندما تتفاعل المواد مع بعضها لتكوين مواد جديدة فإن جميع أو بعض الروابط في المواد المتفاعلة تتكسر ، وعملية تكسير الروابط هذه تحتاج إلى طاقة ، كما أن تكون روابط جديدة في المواد الناتجة ينتج عنها طاقة ، لماذا؟ ويمكن تمثيل تكسير الروابط بالمعادلة الآتية :



أما تكون الرابطة فيمثل بالمعادلة الآتية :



الشكل (٤) : آلية حدوث التفاعل الكيميائي

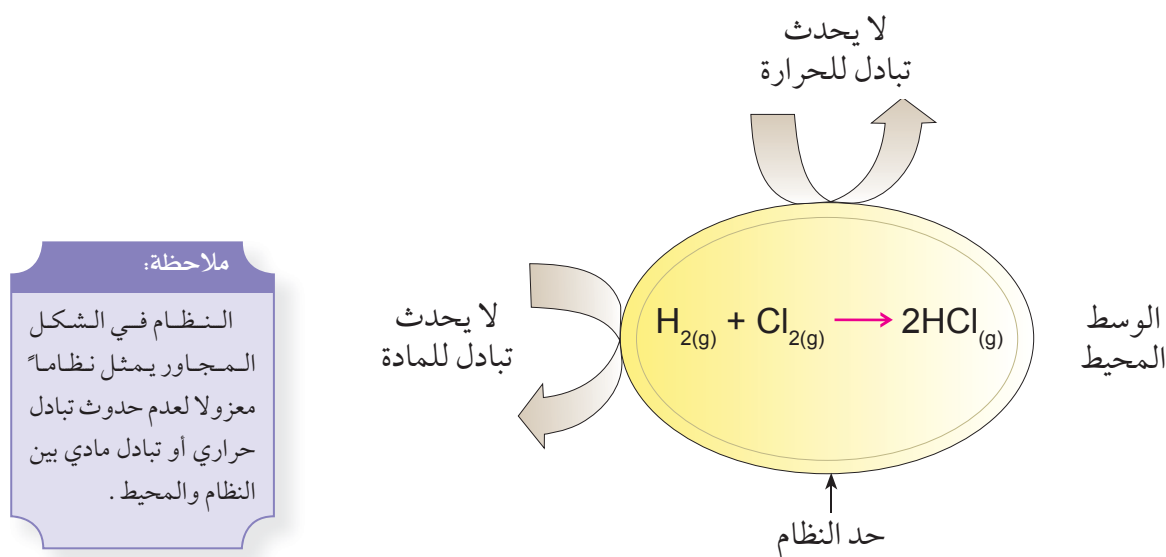
سؤال:

ماذا تعني طاقة  
التشيط  $E_a$  ؟

يتضمن التفاعل الكيميائي تفكك روابط المواد المتفاعلة وتكون روابط جديدة في المواد الناتجة ، كما يظهر في الشكل (٤) .

## ٢-١ مفاهيم أساسية في الكيمياء الحرارية

يطلق على الكيمياء التي تعنى بدراسة التغيرات الحرارية المرافقة للتفاعلات الكيميائية الكيمياء الحرارية (Thermochemistry). وسنتعرض فيما يأتي إلى بعض المفاهيم الأساسية في الكيمياء الحرارية: من الأمور المهمة عند البحث في انتقال الحرارة التمييز بين النظام والمحيط، فالنظام يعني ذلك الجزء من الكون الذي تجري عليه الدراسة، وقد يكون نظاماً بسيطاً مثل قطعة ثلج في كأس، أو معقداً مثل محتويات بحيرة ملوثة. أما الوسط المحيط (والذي سنطلق عليه كلمة المحيط للسهولة) فهو ذلك الجزء من الكون الذي له علاقة بالنظام قيد الدراسة، حيث نعني بالعلاقة حدوث تبادل بين النظام والمحيط في واحد أو أكثر من الأمور الأساسية الثلاثة: **الحرارة والشغل والمادة**. والنظام من الناحية العملية متصل بالمحيط ولكن يستحسن لغرض الدراسة أن تتخيل حاجزاً يحيط بالنظام فيغلفه، ويسمى هذا الحاجز بحد النظام، تمعن الشكل (٥).



الكون = النظام + المحيط

الشكل (٥): النظام والمحيط

## النظام والوسط المحيط (System and Surroundings)

### أنواع الأنظمة:

- ١ هناك عدة أنواع من الأنظمة حسب قابليتها لتبادل الحرارة أو الشغل أو المادة وهي كما يأتي:  
**أيسوثيرم (Isothermal):** وهو نظام يسمح بانتقال الحرارة بين النظام والمحيط بحيث تبقى درجة حرارة النظام ثابتة.
- ٢ **أديابات (Adiabatic):** (حافظ للحرارة) وهو نظام لا يسمح بانتقال الحرارة بين النظام والمحيط بحيث يمكن أن ترتفع درجة حرارة النظام أو تنخفض.

سؤال:

ما نوع النظام الذي  
يمثله البحر؟

٣ النظام المفتوح Open : وهو نظام يسمح بتبادل المادة مع المحيط .

انظر الشكل (٥) .

٤ النظام المغلق Closed : وهو نظام لا يسمح بانتقال المادة مع المحيط .

انظر الشكل (٥) .

٥ النظام المعزول Isolated : وهو نظام لا يسمح بانتقال المادة أو الحرارة أو الشغل . انظر الشكل (٥) .



مثال (١) على فرض أن الزئبق الموجود في مستودع ميزان الحرارة هو النظام :

أ ما هو حد النظام؟

ب هل هذا النظام مغلق أم مفتوح؟

ج هل هذا النظام معزول؟

د كيف نحول النظام إلى نظام معزول؟

الحل:

أ جدار مستودع ميزان الحرارة يمثل حداً بين النظام والمحيط فهو حد النظام .

ب جدار مستودع الميزان لا يسمح بانتقال المادة ؛ ولذا فهو نظام مغلق .

ج جدار مستودع الميزان يسمح بانتقال الحرارة فهو ايسوثيرم .

د يمكن تحويل النظام إلى نظام معزول عن طريق لف ميزان الحرارة بمادة عازلة .

#### ملاحظة:

إن حد النظام قد يكون حقيقياً كما في جدار مستودع ميزان الحرارة أو يكون تصورياً كما في تفاعل كيميائي في محلول مائي .

#### سؤال:

- أ ما أهمية تحديد النظام في الدراسة؟  
ب اعط مثلاً واحداً على كل من الأنظمة الآتية:  
ادبياتي، ايسوثيرم، مفتوح، مغلق، معزول

### حالة النظام State of System

يمكن تحديد خواص نظام ما بمجموعة من المتغيرات تشمل الضغط ودرجة الحرارة والحالة الفيزيائية وغيرها حيث يطلق على مجموع هذه المتغيرات مصطلح **(حالة النظام)**، فإذا أخذنا كأسين مغلقين من الماء ووضعنا أحدهما في الثلاجة والأخرى على الطاولة ثم بعد ساعتين أخرجنا الكأس الموجودة في الثلاجة ووضعناهما على نفس الطاولة الموجود عليها الكأس الأولى حتى أخذت درجة حرارة الغرفة، فإنه لا يمكن التفريق بين صفات الماء في الكأسين، أي أن الماء النقي تحت ضغط جوي وعند درجة حرارة الغرفة له خواص ثابتة لا تتغير وإن اختلفت طريقة معاملته السابقة في هذه الحالة نقول: إن درجة الحرارة هي **(دالة حالة)**.

وكما تعلم إن جبال القدس ترتفع عن مستوى البحر بحوالي ٩٠٠م بينما ينخفض سطح البحر الميت عن مستوى البحر بحوالي ٤٠٠م، فإذا رغبت بالسفر من أريحا إلى القدس فإن الفرق في الارتفاع بينهما ثابت بغض النظر عن المسار الذي تسلكه، لذا يمكن القول: إن الفرق في الارتفاع دالة حالة كما يعتمد مقدار التغير فيها على حالتها الابتدائية والنهائية فقط، ولا يعتمد على المسار الذي يتم فيه هذا التغير، ومن الأمثلة الأخرى على دالة الحالة الضغط والحجم، في حين هناك بعض الخصائص للنظام تعتمد على المسار الذي انتقل فيه النظام من الحالة الابتدائية إلى الحالة النهائية.

فمثلاً المسافة التي تقطعها في رحلتك من أريحا إلى القدس تعتمد على المسار الذي يسلكه مع أن فارق الارتفاع ثابت، ولذا يمكن القول إن المسافة ليست دالة حالة بل يطلق عليها أحياناً **(دالة مسار)** والتي تعرف بأنها الكمية التي يعتمد التغير فيها على المسار الذي يتم فيه التغير. ومن الأمثلة على دالة المسار الشغل وكمية الحرارة.

سؤال: أعط مثالين على كل من (دالة الحالة) و (دالة المسار).

## التفاعلات الطاردة والتفاعلات الماصة للحرارة

تصنف التفاعلات الكيميائية بالنسبة للحرارة المصاحبة لها إلى :

### أ- تفاعلات طاردة للحرارة Exothermic Reactions

وهي تفاعلات تكون فيها الحرارة أحد نواتج التفاعل حيث تنتقل الحرارة من النظام (التفاعل) إلى المحيط فترتفع درجة حرارة الأخير ، ومن الأمثلة عليها :

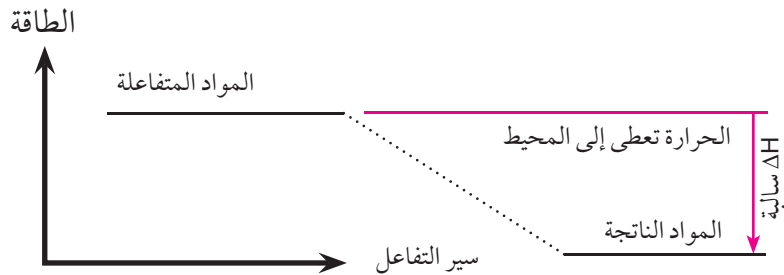
١ احتراق غاز الميثان في الهواء .



٢ تكوين الماء من تفاعل غاز الهيدروجين مع غاز الأكسجين



ويمكن تمثيل هذا النوع من التفاعلات كما هو مبين في الشكل (٦).



الشكل (٦) : تفاعل طارد للحرارة

#### ملاحظة:

التفاعل الماص للحرارة : هو التفاعل المصحوب باستهلاك طاقة ، وتكون طاقة الناتجة فيه أكبر من طاقة المواد المتفاعلة .

### ب- تفاعلات ماصة للحرارة Endothermic Reactions

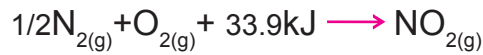
وهي تفاعلات مصحوبة بامتصاص طاقة حرارية من المحيط فتتخفض درجة حرارة المحيط ، ومن الأمثلة على هذه التفاعلات ما يأتي :

١ تفكك أكسيد الزئبق (II) على درجات حرارة عالية

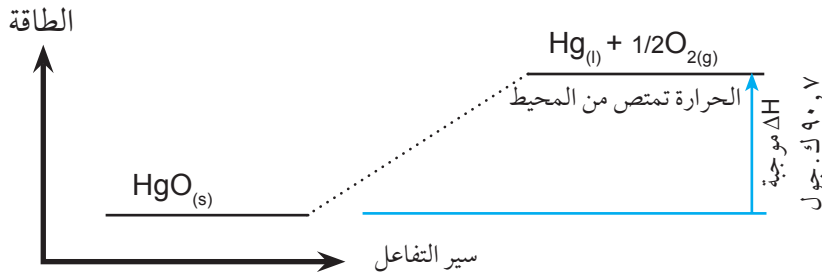




٢ تفاعل النيتروجين والأكسجين لتكوين أكسيد النيتروجين كما هو مبين في المعادلة الآتية :



ويمكن التعبير عن التفاعل الأول (تفكك الزئبق) بالشكل الآتي :



شكل (٧) تفاعل ماص للحرارة

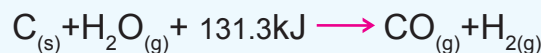
**سؤال:** أيهما طاقته أكبر المواد المتفاعلة أم الناتجة في التفاعل الماص للحرارة؟

## التغير في المحتوى الحراري $\Delta H$

اصطلح على تسمية الحرارة المصاحبة لتفاعل ما تحت ضغط ثابت **بالتغير في المحتوى الحراري للنظام** ويرمز لها بالرمز  $\Delta H$ . ومن الأمثلة على هذه التفاعلات احتراق غاز الميثان وكذلك أي تفاعل يحدث في نظام مفتوح داخل المختبر.

ويمكن النظر إلى كمية الحرارة المرافقة لتفاعل ما على أنها الفرق بين طاقة المواد الناتجة والمواد المتفاعلة فإذا كانت طاقة المواد الناتجة أكبر من طاقة المواد المتفاعلة يكون التفاعل ماصاً للحرارة وتكون قيمة  $\Delta H$  موجبة. تمعن المثال الآتي :

**مثال (٢)** تمثل المعادلة الآتية تفاعل الكربون مع بخار الماء لتكوين خليط من الهيدروجين وأول أكسيد الكربون.



١ هل التفاعل ماص أم طارد للحرارة؟

٢ أيهما المحتوى الحراري  $\Delta H$  له أكبر : المواد المتفاعلة أم المواد الناتجة؟

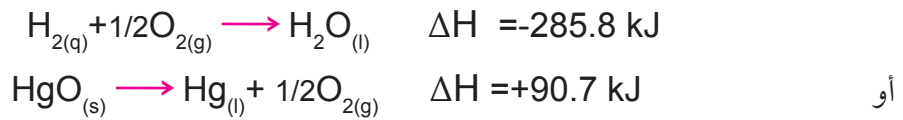
٣ ما مقدار  $\Delta H$  وما إشارتها؟

الحل:

- ١ بما أن كمية الحرارة مع المواد المتفاعلة لذلك فإن هذا التفاعل ماص للحرارة .
- ٢ إن المحتوى الحراري للمواد الناتجة  $\text{CO}_{(g)} + \text{H}_{2(g)}$  يساوي المحتوى الحراري للمواد المتفاعلة  $\text{C}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(g)}$  بالإضافة إلى ٣, ١٣١ كيلو جول لذلك تكون  $\Delta H$  للمواد الناتجة أكبر .
- ٣  $\Delta H$  للتفاعل موجبة لأن التفاعل ماص للحرارة وقيمتها = +٣, ١٣١ كيلو جول .  
أما إذا كانت طاقة المواد المتفاعلة أكبر من طاقة المواد الناتجة يكون التفاعل طارداً للحرارة، وتكون قيمة  $\Delta H$  له سالبة، مثل تفاعلات الاحتراق .

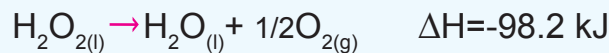
### ٣-١ المعادلة الكيميائية الحرارية Thermochemical Equation

تسمى المعادلة الكيميائية الموزونة التي يتم الإشارة فيها إلى كمية الحرارة المصاحبة للتفاعل الكيميائي **بالمعادلة الحرارية**، كما في المعادلتين الآتيتين :



وتتناسب قيمة  $\Delta H$  في المعادلة الكيميائية الحرارية طردياً مع كميات المواد المستخدمة في التفاعل ؛ أي إنه عند ضرب معادلة كيميائية بعدد ما يجب ضرب قيمة  $\Delta H$  لذلك التفاعل بنفس العدد، تمنع المثال الآتي :

**مثال (٣)** يتحلل فوق أكسيد الهيدروجين ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) كما في المعادلة الآتية :



احسب كمية الحرارة المنطلقة عند تحلل :

١ ٢ مول من  $\text{H}_2\text{O}_2$  .

٢ ١٧ غم من  $\text{H}_2\text{O}_2$  .

الحل:

١ من المعادلة نستنتج أن تحلل مول واحد من  $H_2O_2$  يكون مصحوباً بإطلاق ٩٨, ٢ كيلو جول، لذا فإن تحلل ٢ مول من  $H_2O_2$  يعني ضرب المعادلة بالعدد ٢.

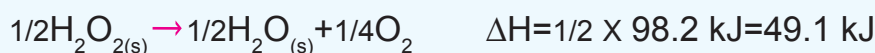


أي إن كمية الحرارة المنطلقة = ١٩٦, ٤ كيلو جول.

٢ لإيجاد الحرارة المنطلقة من تحلل ١٧ غم من  $H_2O_2$  يجب تحويل الكتلة إلى ما يقابلها بالمول.

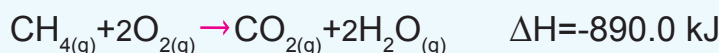
عدد مولات  $H_2O_2$  = الكتلة بالغرام / الكتلة المولية = ١٧ غم / ٣٤ غم/مول = ١/٢ مول.

أي إننا نضرب المعادلة بالمعامل ١/٢

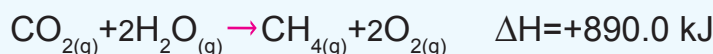


لذا فإن كمية الحرارة المنطلقة من تحلل ١٧ غم  $H_2O_2$  = ٤٩, ١ كيلو جول.

وتتغير أيضاً إشارة  $\Delta H$  للتفاعل عند عكسه، فمثلاً في تفاعل احتراق الميثان تكون قيمة  $\Delta H = -890$  كيلو جول كما هو مبين في المعادلة الآتية:

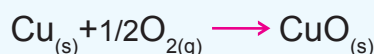


وعند عكس معادلة التفاعل السابقة نلاحظ أن التفاعل أصبح ماصاً للحرارة وأصبحت قيمة  $\Delta H = +890$  كيلو جول كما هو مبين في المعادلة الآتية:

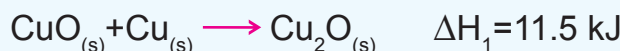


أما إذا كان التفاعل الكيميائي ناتجاً عن مجموعة من التفاعلات فإن قيمة  $\Delta H$  له تساوي المجموع الجبري لقيم  $\Delta H$  لهذه التفاعلات، تمعن المثال الآتي:

مثال (٤) احسب  $\Delta H$  للتفاعل الآتي:

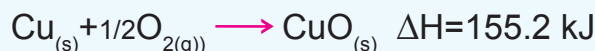


باستخدام المعادلات الحرارية الآتية:

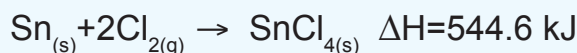


الحل:

نلاحظ أننا إذا جمعنا المعادلتين تنتج المعادلة المطلوبة:



سؤال: ادرس التفاعل الآتي وأجب عن المطلوب .



١ ما قيمة  $\Delta H$  عند عكس التفاعل؟

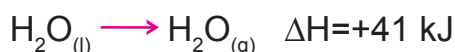
٢ ما قيمة  $\Delta H$  عند ضرب التفاعل الأصلي في العدد ٢؟

## قانون هس (Hiss's Law)

تعلم أن التغير في المحتوى الحراري  $\Delta H$  هو دالة حالة (State function) فهو لا يعتمد على المسار الذي يسلكه التفاعل أو الخطوات التي يمر بها للوصول إلى الوضع النهائي . ولتوضيح ذلك نأخذ مثلاً التغير الحراري المصاحب لتبخير الماء عند درجة الغليان . فعند تحول مول واحد من الماء السائل عند درجة حرارة ١٠٠ س وضغط جوي واحد، فإن هذه العملية تحتاج إلى ٤١ كيلو جول، كما هو مبين في المعادلة الآتية :



ان تحول ١ مول من الماء السائل إلى ١ مول بخار الماء (غاز) يمتص دائماً ٤١ كيلو جول بشرط تحديد نفس الحالة الابتدائية للنظام ونفس الحالة النهائية له .



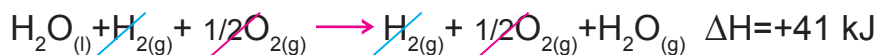
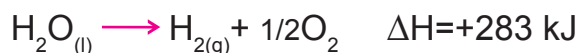
ويمكن النظر إلى التفاعل السابق من زاوية أخرى وهي أن هذا التفاعل هو ناتج من التفاعلين الآتين :



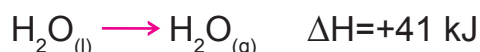
يتبين لنا من المعادلة الأولى أنه يلزم ٢٨٣ كيلو جول لتحليل مول واحد من الماء السائل إلى مكوناته الغازية (١/٢ مول أكسجين ومول واحد هيدروجين) .

أما المعادلة الثانية فتبين أن كمية الطاقة ٢٤٢ كيلو جول تنتج عند تفاعل ١/٢ مول أكسجين مع مول واحد هيدروجين لتكوين مول واحد من بخار الماء .

وعند جمع المعادلتين السابقتين بما فيها  $\Delta H$  كما يأتي :



وبعد حذف المكونات المتماثلة نحصل على :



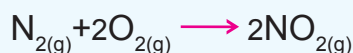
نستنتج مما سبق أن  $\Delta H$  للتفاعل الكيميائي تحت نفس الظروف ثابتة ، بغض النظر عن الطريق التي سلكها التفاعل ، هذا ما توصل إليه العالم (هس) الذي وضع قانوناً سمي باسمه :

**قانون هس :** إذا تم التعبير عن تفاعل كيميائي بمجموعة من التفاعلات فإن التغير في المحتوى الحراري لهذا التفاعل يساوي المجموع الجبري للتغير في المحتوى الحراري لهذه التفاعلات . ويكتب قانون هس بصورة رياضية :

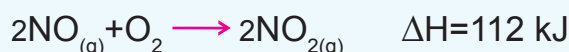
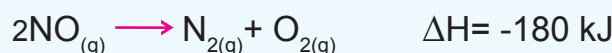
$$\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3 + \dots$$

ولتتعرف تطبيق قانون هس لحساب حرارة تفاعل ما تمعن المثال الآتي :

**مثال (5)** احسب  $\Delta H$  للتفاعل الآتي :

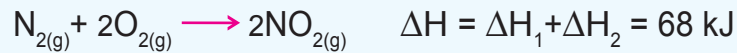
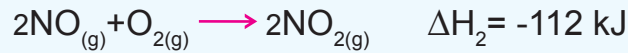
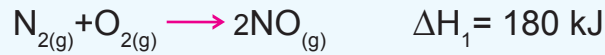


باستخدام المعادلتين الآتيتين :

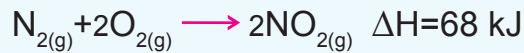


الحل:

ولحساب  $\Delta H$  نكتب المعادلات المعطاة بحيث يكون ناتج جمعها يساوي المعادلة المطلوبة ، وذلك بعكس المعادلة الأولى وإبقاء المعادلة الثانية كما هي :



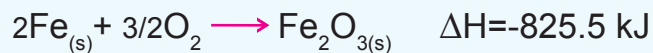
وتكتب المعادلة الكيميائية الحرارية كما يأتي :



سؤال: احسب  $\Delta H$  للتفاعل الآتي :



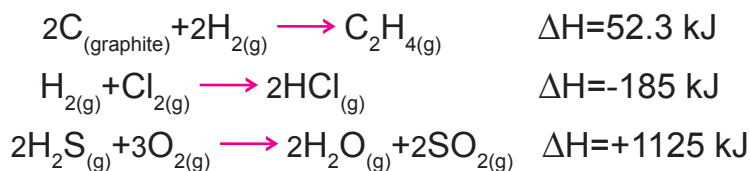
باستخدام المعادلتين الآتيتين :



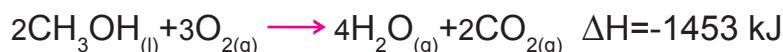
١ وضح المقصود بالمصطلحات الآتية :

التغير في المحتوى الحراري ( $\Delta H$ )، قانون هس، النظام، دالة الحالة، التفاعل الماص للحرارة.

٢ اذكر أي التفاعلات الآتية طارد للحرارة وأيها ماص للحرارة :



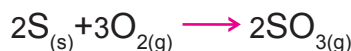
٣ ادرس التفاعل الآتي وأجب عن المطلوب :



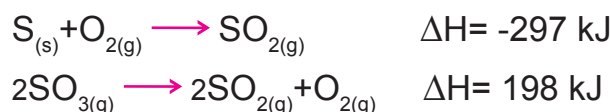
أ احسب  $\Delta H$  عند تفاعل ١ مول من الميثانول مع كمية كافية من الأكسجين .

ب وضح بالرسم ما يأتي : طاقة المواد المتفاعلة ، طاقة المواد الناتجة ومقدار  $\Delta H$  .

٤ احسب التغير في المحتوى الحراري  $\Delta H$  لتفاعل الكبريت مع الأكسجين



مستخدماً المعادلات الآتية :



٥ في التفاعل الآتي :  $\Delta H = 286 \text{ kJ}$   $H_{2(g)} + 1/2O_{2(g)} \longrightarrow H_2O_{(g)}$

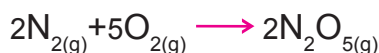
احسب :

أ  $\Delta H$  عند احتراق ١ غم من غاز الهيدروجين احتراقاً كاملاً .

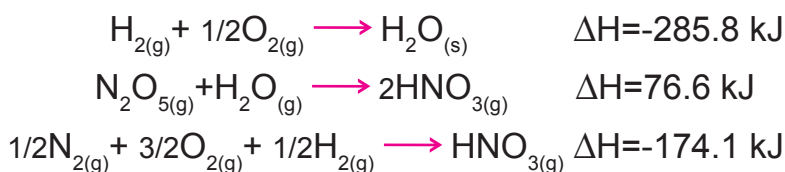
ب  $\Delta H$  عند تكون ١ غم ماء .

ج كمية غاز الهيدروجين بالغرام التي يجب أن تحترق لإنتاج كمية من الطاقة مقدارها ١٠٠٠ كيلو جول .

٦ احسب  $\Delta H$  للتفاعل الآتي :



باستخدام المعادلات الآتية :



## الفصل الثاني أشكال التغير في المحتوى الحراري وطرق قياسها

درست في الفصل السابق التغيرات الحرارية المرافقة للتفاعلات الكيميائية وتبين لك أن هذه التغيرات ناتجة عن اختلاف محتوى الطاقة للمواد المتفاعلة والمواد الناتجة، وعرفت أن هناك تفاعلات طاردة للحرارة وتفاعلات ماصة لها، فكيف يمكن قياس كمية الحرارة؟ وما هي الأدوات المستعملة في قياسها؟

هذه الأسئلة، وأخرى غيرها ستمكن من الإجابة عنها بعد دراستك لهذا الفصل، وستكون قادراً على أن:

- ١ تعدد أشكال التغيرات الحرارية الفيزيائية والكيميائية.
- ٢ تصف المسعرات الحرارية وتبين خصائصها.
- ٣ تصميم مسعراً حرارياً.
- ٤ تقيس حرارة التعادل لتفاعل حمض قوي وقاعدة قوية.
- ٥ تستخدم حرارة التكوين القياسية للمواد في حساب حرارة التفاعل.
- ٦ تحسب التغير في المحتوى الحراري لتفاعل كيميائي بمعرفة طاقة الربط الكيميائي.

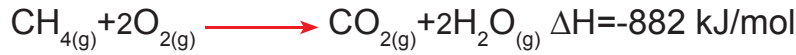




## ١-٢ طرق التعبير عن التغير في المحتوى الحراري

يمكن التعبير عن التغير في المحتوى الحراري بعدة طرق تبعاً للتفاعل الكيميائي أو التغير الفيزيائي، ومن الأمثلة على ذلك:

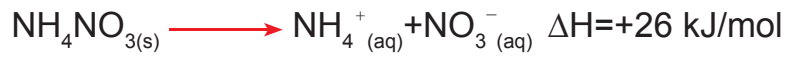
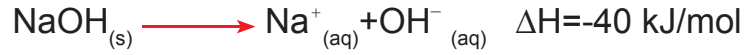
١ حرارة الاحتراق: وهي كمية الحرارة المحررة عند احتراق مول واحد من المادة بوجود كمية كافية من غاز الأكسجين كما هو موضح في المعادلات الآتية:



٢ حرارة الإذابة: وهي كمية الحرارة المصاحبة لإذابة ١ مول من المادة كلياً.

هل تعلم:

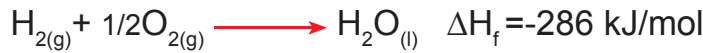
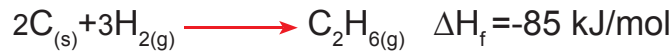
أن التعادل يمكن أن يحدث في وسط غير مائي وعند ذلك لا يكون الناتج ماء؟



٣ حرارة التعادل: وهي كمية الحرارة المتحررة عند تكون مول واحد من الماء من تفاعل حمض مع قاعدة.



٤ حرارة التكوين: وهي التغير في المحتوى الحراري المصاحب لتكوين مول واحد من المادة من عناصرها الأولية في الظروف القياسية كما هو مبين في المعادلات الآتية:



وهناك طرق أخرى للتعبير عن  $\Delta H$ ، مثل: حرارة الانصهار، وحرارة التخفيف، وحرارة التبخر.



الشكل (١): شمعة مشتعلة

سؤال: يبين الشكل (١) شمعة مشتعلة:

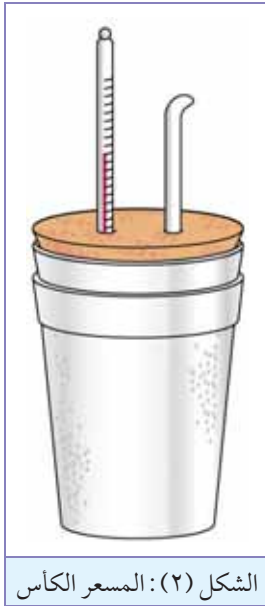
١ عدد ثلاثة من أشكال التغيرات الحرارية التي تحدث في الشمعة أثناء اشتعالها.

٢ أي التغيرات ماص وأيها طارد للحرارة؟

## قياس حرارة التفاعل (Calorimetry)

يمكن قياس كمية الحرارة المتحررة أو الممتصة نتيجة حدوث تفاعل كيميائي بإجراء التفاعل في جهاز يسمى المسعر (Calorimeter). والمسعر عادة يحوي الماء مع مواد معلومة السعة الحرارية، وتكون جدرانها عازلة تحول دون تبادل الحرارة مع محيط المسعر. وبذلك تنحسب الحرارة داخل المسعر، ويمكن حساب حرارة التفاعل من حساب كمية الحرارة التي اكتسبها أو فقدتها المسعر ومحتوياته.

**سؤال:** فسر سبب اختلاف الكميتين في اشارتيهما؟  
وهناك أنواع عديدة من المسعرات منها:



الشكل (٢): المسعر الكأس

## ١- المسعر الكأس (Coffee- Cup Calorimeter)

يتكون هذا النوع من المسعرات من كأس مصنوعة من مادة البولي ستيرين لها غطاء، وينفذ من الغطاء ميزان حرارة كما في الشكل (٢)، وكذلك قضيب زجاجي لتحريك المحلول. وبما أن مادة البولي ستيرين عازلة جيدة للحرارة لذلك يمكن اعتبار كمية الحرارة للتفاعل مساوية لكمية الحرارة الممتصة أو المفقودة من الماء الموجود داخل المسعر ولذلك يصلح هذا المسعر لقياس قيمة  $\Delta H$ . يستعمل هذا المسعر لقياس حرارة التفاعلات التي تحدث في المحاليل مثل حرارة التعادل. لكنه غير ملائم لقياس حرارة التفاعلات التي تنتج غازات والتي ترتفع فيها درجات الحرارة ارتفاعاً كبيراً مثل تفاعلات الاحتراق.

وكما تعلمت سابقاً يمكن حساب الحرارة المكتسبة أو المفقودة من العلاقة الآتية:  
الحرارة المكتسبة أو المفقودة = كتلة المحلول (غم)  $\times$  الحرارة النوعية للمحلول (جول/غم  $^{\circ}\text{C}$ )  $\times$  فرق درجات الحرارة  
$$Q = m \times c \times \Delta T$$

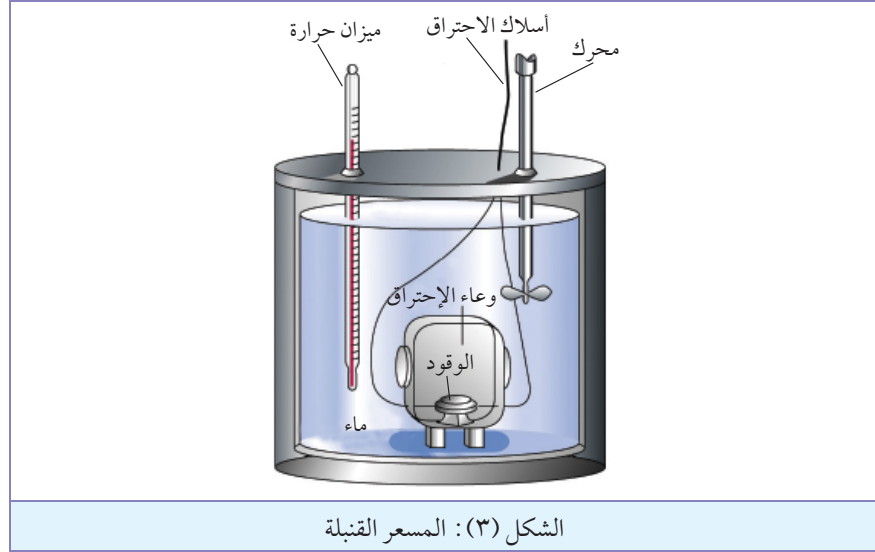
**سؤال:** احسب كمية الحرارة اللازمة لتسخين ١٠٠ غم ماء، من ٢٠  $^{\circ}\text{C}$  إلى ٣٠  $^{\circ}\text{C}$ ، علماً أن الحرارة النوعية للماء ٤،٢ جول/ (غم  $^{\circ}\text{C}$ ).

## هل تعلم أن :

الحرارة النوعية هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة غرام واحد من المادة درجة سيلسيوس واحدة.  
السعة الحرارية: هي كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة جسم ما درجة سيلسيوس واحدة.

## ٢- المسعر القنبلة Bomb Calorimeter

يتكون هذا الجهاز من وعاء معزول جدرانه سميك ومصنوعة من الفولاذ، يوجد في داخله وعاء صغير للتفاعل مصنوع من الفولاذ المقوى يسمى قنبلة يكون مغموراً في كمية كبيرة من الماء، انظر الشكل (٣).



### هل تعلم:

عادة ما يكون الارتفاع في درجة حرارة الماء قليلاً؛ لأن كمية الماء المستعملة في المسعر كبيرة وكمية الوقود في القنبلة قليلة؟

توضع كتلة صغيرة ومعلومة من المادة في وعاء القنبلة، ثم يُدخل إليها الأكسجين النقي تحت ضغط مرتفع (٣٠ جوي)، ويتم إشعالها عن طريق شرارة كهربائية تمرر داخل القنبلة؛ مما يولد كمية من الحرارة، تؤدي إلى رفع درجة حرارة الماء الذي يتم تحريكه آلياً لضمان انتظام توزيع الحرارة، ويستخدم هذا المسعر لقياس قيمة  $\Delta H$  في التفاعلات التي لا يصاحبها تغير في الضغط.

**سؤال:** قارن بين المسعر الكأس والمسعر القنبلة من حيث:

١ التفاعل الذي يناسب كل منهما.

٢ نوع النظام في المسعر (مفتوح، مغلق).

٣ ظروف التفاعل.

### هل تعلم:

أن هناك نوعاً آخر من المسعرات يسمى المسعر الثلجي؟

## ٣- الحسابات المتعلقة بحرارة التفاعل:

### حرارة التعادل (Heat of Neutralization)

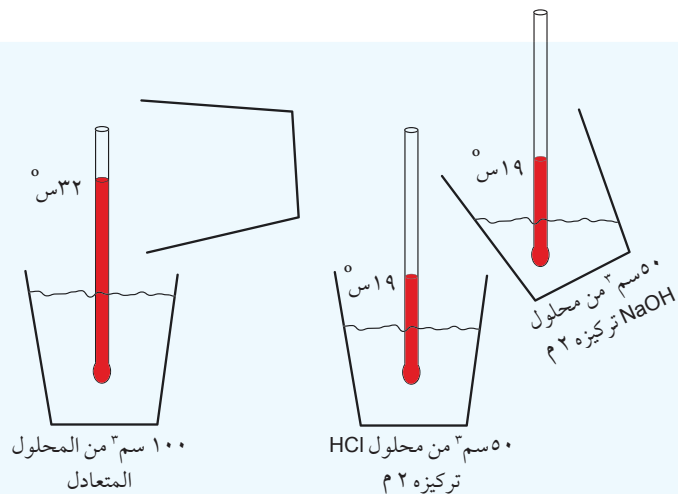
عند مزج محلول حمض قوي مع محلول قاعدة قوية بنسب مولية تحدد المعادلة الموزونة يتعادل المحلول لينتج ملحاً وماءً كما تبينه المعادلات الآتية:



ويمكن تمثيل تفاعل التعادل بالمعادلة المختصرة الآتية :



وللتعرف كيفية حساب الطاقة الناتجة عن تفاعل التعادل تمعن المثال الآتي :



الشكل (٤): رسم توضيحي لتفاعل التعادل

**مثال (١)** يبين الشكل (٤) تفاعل تعادل بين

محلول حمض الهيدروكلوريك HCl حجمه ٥٠ سم<sup>٣</sup> وتركيزه ٢ مول/ لتر مع ٥٠ سم<sup>٣</sup> من محلول NaOH تركيزه ٢ مول/ لتر . حيث ارتفعت درجة الحرارة بمقدار ١٣ س<sup>٠</sup>، احسب حرارة التفاعل .

**الحل:** لحساب حرارة التفاعل السابق نفترض أن كثافة المحلول تساوي ١ غم/ سم<sup>٣</sup> ثم :

**١** نحسب عدد مولات حمض HCl حيث إن :

عدد المولات = التركيز x الحجم (لتر)

$$= ٢ \text{ مول/لتر} \times (٥٠ \text{ سم}^٣ / ١٠٠٠ \text{ لتر}) = ١,٠ \text{ مول}$$

وبالمثل فإن عدد مولات القاعدة = ١,٠ مول

**٢** نحسب كمية الحرارة التي اكتسبها المحلول

كمية الحرارة المكتسبة = كتلة المحلول x الحرارة النوعية x فرق درجات الحرارة

$$= ١٠٠ \text{ غم} \times ٤,٢ \times ١٣ \text{ درجة} = ٥٤٦٠ \text{ جول}$$

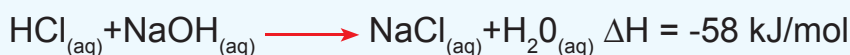
أي إن كمية الحرارة التي أنتجتها ١,٠ مول HCl = ٥,٥ كيلو جول

**٣** نحسب كمية الحرارة الناتجة عن تفاعل ١ مول من الحمض .

كمية الحرارة الناتجة عن ١ مول من الحمض = ٥,٥ كيلو جول / ١,٠ مول

$$= ٥٥ \text{ كيلو جول} .$$

أي إن :



**هل تعلم:**

أن التجارب الدقيقة بينت أن حرارة التعادل تساوي -٥٨ كيلو جول/ مول، عند تفاعل حمض قوي مع قاعدة قوية على درجة ٢٥ س<sup>٠</sup>؟

قيمة  $\Delta H$  المحسوبة في التفاعل السابق تسمى حرارة التعادل التي تعرف بـ «كمية الحرارة المنطلقة عند تفاعل مول واحد من أيونات  $H^+$  الناتجة من الحمض مع مول واحد من أيونات  $OH^-$  الناتجة من القاعدة لتكوين مول واحد من الماء على درجة حرارة ٢٥°س . ويبين الجدول (١) حرارة التعادل لعدد من تفاعلات الحموض والقواعد .

الجدول (١) حرارة التعادل لعدد من تفاعلات الحموض والقواعد .

تفاعل التعادل	حرارة التعادل
$HCl_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaCl_{(aq)} + H_2O_{(l)}$	-58 kJ/mol
$HBr_{(aq)} + NaOH_{(aq)} \longrightarrow NaBr_{(aq)} + H_2O_{(l)}$	-58 kJ/mol
$HNO_{3(aq)} + KOH_{(aq)} \longrightarrow KNO_{3(aq)} + H_2O_{(l)}$	-58 kJ/mol

#### هل تعلم:

أن المحاليل الحمضية والقاعدية يجب أن تكون مخففة؛ وذلك حتى تكون الحرارة الناتجة عند إضافة الحمض إلى القاعدة هي نتيجة لعملية التعادل فقط، وليس نتيجة لعملية التخفيف أيضاً.

وكما تلاحظ من الجدول فإن حرارة التعادل لجميع التفاعلات المذكورة متساوية لأن التفاعل نفسه يحدث في جميع المعادلات وهو:



### نشاط (١) قياس حرارة التعادل

#### المواد والأدوات:

مسعر بسيط، حمام مائي، دورق حجمي ٢٥٠ سم<sup>٣</sup> عدد ٢، حمض الهيدروكلوريك  $HCl$  (٢٠)، وهيدروكسيد الصوديوم  $NaOH$  (٢٠).

#### خطوات العمل:

- ١ حضر محلول  $HCl$  تركيز ٢ مول/لتر ومحلول  $NaOH$  تركيزه ٢ مول/لتر كل في دورقين حجمين منفصلين سعة ٢٥٠ سم<sup>٣</sup>.
- ٢ ضع الدوارق الحجمية في حمام مائي درجة حرارته ٢٥°س حتى تصبح درجة حرارة المحلولين متساوية.
- ٣ أضف ٥٠ سم<sup>٣</sup> من محلول الحمض إلى ٥٠ سم<sup>٣</sup> من القاعدة وراقب الارتفاع في درجة الحرارة.
- ٤ سجل أعلى درجة حرارة وصل إليها المحلول.
- ٥ احسب حرارة التعادل.

**سؤال:** في النشاط السابق لماذا نستعمل ميزان حرارة لكل محلول ، ولا نقيس درجة حرارة المحلولين بنفس الميزان إلا بعد غسله بالماء المقطر؟

**سؤال:** إذا علمت أن الحرارة النوعية للمحلول = ٢,٤ جول/غم . احسب التغير في درجة الحرارة في الحالات الآتية :

١ عند إضافة ١٠٠ سم<sup>٣</sup> من محلول حمض النتريك HNO<sub>3</sub> تركيزه ١ م إلى ١٠٠ سم<sup>٣</sup> من محلول NaOH تركيزه ١ م .

٢ عند إضافة ٢٠٠ سم<sup>٣</sup> من محلول الحمض HNO<sub>3</sub> تركيزه ١ م إلى ٢٠٠ سم<sup>٣</sup> من محلول NaOH تركيزه ١ م .

٣ عند إضافة ١٠٠ سم<sup>٣</sup> من محلول الحمض HNO<sub>3</sub> تركيزه ٢ م إلى ١٠٠ سم<sup>٣</sup> من محلول القاعدة NaOH تركيزه ٢ م .

### ٢-٣ حرارة الاحتراق

يعدُّ النفط والفحم الحجري والغاز الطبيعي من أهم المصادر الرئيسية التقليدية للطاقة ، تستخدم بشكل مباشر في التدفئة وتسخين الماء أو يتم تحويلها إلى أنواع أخرى من الطاقة ، وعلى الرغم من أن الوقود يحتاج إلى طاقة أولية لبدء الاحتراق إلا أنه ينتج طاقة كافية لإستخدامها في أغراض متعددة .

ولحساب كمية الحرارة المنطلقة عن حرق كمية معروفة من الوقود ، نجري التفاعل في مسعرقنبلة يحتوي على كمية معروفة من الماء ، ثم يتم قياس التغير في درجة حرارة الماء في المسعر . وبمعرفة كمية الماء والسعة الحرارية للمسعر نحسب كمية الحرارة التي امتصها المحيط (الماء + المسعر) وبالتالي نحسب كمية الحرارة المنطلقة من الوقود ، إذ أن كمية الحرارة الممتصة تساوي كمية الحرارة المنطلقة في القيمة ، وتخالفها في الإشارة ويعبر عنها رياضياً :

#### كمية الحرارة الممتصة في المحيط :

= كتلة الماء في المسعر X الحرارة النوعية للماء X فرق درجات الحرارة + السعة الحرارية للمسعر X فرق درجات الحرارة

ولتتعرف كيفية حساب حرارة الاحتراق لمادة ما والقيمة الحرارية لها تمعن المثال الآتي :

**مثال (٢)** تم حرق عينة من وقود الهيدرازين  $N_2H_4$  كتلتها ١ غم في مسعر القنبلة يحتوي على ١٢٠٠ غم ماء . فارتفعت درجة الحرارة من ٢٤, ٦٢ س° إلى ٢٨, ١٦ س° ، إذا كانت السعة الحرارية للمسعر ٨٤٠ جول/ س° وكانت الكتلة المولية للهيدرازين  $N_2H_4 = ٣٢$  غم ، احسب ما يأتي :

١ كمية الحرارة الناتجة عن حرق ١ غم هيدرازين .

٢ كمية الحرارة الناتجة عن حرق ١ مول هيدرازين .

**الحل:**

كتلة الماء = ١٢٠٠ غم والحرارة النوعية للماء تساوي ٤, ١٨ جول/ غم س°  
 السعة الحرارية للمسعر = ٨٤٠ جول/ س°  
 فرق درجات الحرارة  $\Delta = ٢٨, ١٦ - ٢٤, ٦٢ = ٣, ٥٤$  س°  
 نعوض القيم في المعادلة الآتية :  
 الحرارة المكتسبة = (ك × ح ×  $\Delta$ ) + (س ح ×  $\Delta$ )  
 = (١٢٠٠ غم × ٤, ١٨ جول/ غم س° × ٣, ٥٤ س°) + (٨٤٠ جول/ س° × ٣, ٥٤ س°)  
 = ١٧٧٥٧ جول + ٢٩٧٤ جول .  
 = ٢٠٧٣١ جول  
 = ٢٠, ٧ كيلو جول  
 حرارة التفاعل = - الحرارة المكتسبة  
 حرارة التفاعل = - ٢٠, ٧ كيلو جول  
 حيث إن مول واحد من هيدرازين كتلته ٣٢ غم .  
 فإن كمية الحرارة الناتجة عن حرق مول واحد من الهيدرازين = ٣٢ غم × ٢٠, ٧ كيلو جول/ غم  
 = ٦٦٢, ٤ كيلو جول/ مول .

**سؤال:** أيهما أفضل كوقود  $CH_4$  أم  $N_2H_4$  ؟

تسمى كمية الحرارة الناتجة عن احتراق مول واحد من المادة **حرارة الاحتراق للمادة** . أما كمية الحرارة الناتجة عن حرق ١ غم من المادة حرقاً تاماً فتسمى **القيمة الحرارية للوقود** ، وكلما زادت هذه القيمة زادت أفضلية الوقود كمصدر للحرارة .

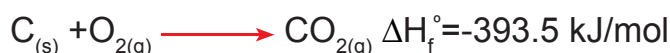
وفيما يأتي جدول يبين حرارة الاحتراق لبعض أنواع الوقود .

### جدول (٢) حرارة الاحتراق لبعض أنواع الوقود :

الرقم	المادة (الوقود)	حرارة الاحتراق (كيلو جول/ مول)
١	الكربون C	٣٩٢,٩
٢	الميثان CH <sub>4</sub>	٨٩٠,٣
٣	البيوتان C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	٢٨٥٥
٤	الإيثيلين C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	١٤١١
٥	الأسيتلين C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	١٢٩٧,٩
٦	الإيثانول C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	١٣٦٧
٧	البنزين C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	٣٢٦٠,٤
٨	الهيدروجين H <sub>2</sub>	٢٨٥,٩
٩	الأمونيا NH <sub>3</sub>	٣٨٢,٨
١٠	الهيدرازين N <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	٦٦٣,٤

### ٤- حرارة التكوين المولية $\Delta H_f^\circ$

تعرف **حرارة التكوين المولية للمادة** بأنها كمية الحرارة المصاحبة لتكوين مول واحد من المادة من عناصرها الأولية في الظروف القياسية، ويرمز لها بالرمز  $\Delta H_f^\circ$ ، وقد عرف العلماء الظروف القياسية بأنها ٢٥°س وضغط يساوي واحد جوي . وتقاس حرارة التكوين لعدد كبير من المواد بواسطة المسعر الحراري مثل التفاعلات التالية :



وهناك مواد لا يمكن قياس حرارة التكوين لها بشكل مباشر مثل حرارة تكوين السكرز ومشتقات البترول . فكيف يمكن تحديد حرارة التكوين لهذه التفاعلات ؟

قام العلماء بتدوين  $\Delta H_f^\circ$  لعدد كبير من المواد كما في الجدول (٣)، وباستخدام هذه القيم يمكن حساب كل من حرارة التفاعل  $\Delta H$ ، وحرارة التكوين المولية لمواد غير مدونة باستخدام المعادلة الآتية :

هل تعلم:

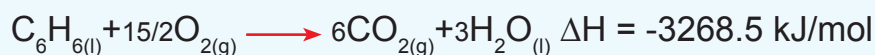
ان حرارة التكوين المولية للعناصر في حالتها المستقرة = صفر؟

$\Delta H$  للتفاعل =  $\sum \Delta H_f^\circ$  للمواد الناتجة -  $\sum \Delta H_f^\circ$  للمواد المتفاعلة .

ولتتعرف حساب  $\Delta H$  للتفاعل الكيميائي تمعن المثال الآتي :



**مثال (٣)** إذا كانت حرارة الاحتراق للبنزين تساوي - ٣٢٦٨,٥ كيلو جول/مول كما في المعادلة الآتية :



احسب حرارة التكوين القياسية للبنزين .

**الحل:**

١  $\Delta H_f^\circ \text{ لـ } \text{O}_2 = \text{صفر}$

٢  $\Delta H_f^\circ$  للبنزين السائل مجهولة = س

٣  $\Delta H_f^\circ$  لغاز ثاني أكسيد الكربون = -٣٩٣,٥ كيلو جول

٤  $\Delta H_f^\circ$  للماء السائل = -٢٨٥,٨ كيلو جول .

٥  $\Delta H$  للتفاعل = -٣٢٦٨,٥ كيلو جول

نعوض هذه القيم في المعادلة الآتية :

$$\Delta H \text{ للتفاعل} = \text{مجموع } \Delta H_f^\circ \text{ للمواد الناتجة} - \text{مجموع } \Delta H_f^\circ \text{ للمواد المتفاعلة}$$

$$\text{H}_2\text{O}_{(s)} \Delta H_f^\circ \times 1 = \text{C}_6\text{H}_{6(s)} \Delta H_f^\circ \times 3 + \text{CO}_2 \Delta H_f^\circ \times 6 =$$

$$\text{أي إن: } -3268,5 = -285,8 \times 3 + (-393,5 \times 6) = \text{س}$$

$$\text{س} = -3268,5 - (-285,8 \times 3) - (-393,5 \times 6) = 50,1 \text{ كيلو جول}$$

$$\text{س} = (-3268,5) - (-285,8 \times 3) - (-393,5 \times 6)$$

$$\text{س} = 50,1 \text{ كيلو جول}$$

**جدول (٣) قيم حرارة التكوين القياسية لبعض المواد :**

المادة	$\Delta H_f^\circ$ كيلو جول/مول	المادة	$\Delta H_f^\circ$ كيلو جول/مول
$\text{Al}_2\text{O}_{3(s)}$	-١٦٦٩,٨	$\text{H}_{2(g)}$	صفر
$\text{CaCl}_{2(s)}$	-٧٩٥	$\text{Al}_{(s)}$	صفر
$\text{CaCO}_{3(s)}$	-١٢٠٧	$\text{H}_2\text{O}_{(g)}$	-٢٤٢
$\text{CH}_{4(g)}$	-٧٤,٨	$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$	-٢٨٦
$\text{CO}_{(g)}$	-١١٠,٥	$\text{SO}_{2(g)}$	-٢٩٧
$\text{CO}_{2(g)}$	-٣٩٣,٥	$\text{H}_2\text{O}_{(s)}$	-٢٩٢
$\text{CuO}_{(s)}$	-١٥٥,٢	$\text{HgO}_{(s)}$	-٩٠,٧
$\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$	-٨٢٢,٢	$\text{KOH}_{(s)}$	-٤٢٥,٨
$\text{Fe}_3\text{O}_{4(s)}$	-١١٢٠,٩	$\text{MgO}_{(s)}$	-٦٠٢
$\text{HCl}_{(g)}$	-٩٢,٣	$\text{NaCl}_{(s)}$	-٤١١
$\text{HI}_{(g)}$	+٢٥,٩	$\text{NaOH}_{(s)}$	-٤٢٦,٧
$\text{HF}_{(g)}$	-٢٧٣	$\text{SO}_{3(g)}$	-٣٩٥,٢

مثال (٤) احسب قيمة  $\Delta H$  للتفاعل الآتي مستعيناً بالجدول (٣):



الحل:

١ حرارة تكوين العناصر في حالتها المستقرة = صفر ، لذلك  $\Delta H_f^\circ$  للألمنيوم والحديد = صفر .

٢ حرارة التكوين  $\Delta H_f^\circ$  :

$$\text{Fe}_3\text{O}_4 = -1120,9 \text{ كيلو جول/مول}$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = -1669,8 \text{ كيلو جول/مول}$$

٣ نعوض في المعادلة الآتية:  $\Delta H$  للتفاعل  $\Delta H_f^\circ$  للمواد الناتجة -  $\Delta H_f^\circ$  للمواد المتفاعلة

$$= (4 \times (-1669,8)) - (3 \times (-1120,9))$$

$$= -6679,2 + 3362,7$$

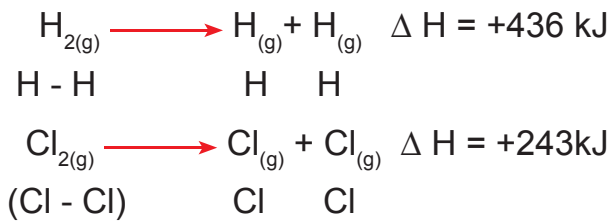
$$= -3316,5 \text{ كيلو جول}$$

## ٣-٢ طاقة الرابطة (Bond Energy)

لعلك لاحظت أن بعض التفاعلات طاردة وبعضها ماص للحرارة وكذلك تختلف كمية الحرارة  $\Delta H$  المصاحبة من تفاعل لآخر ، ولتفسير ذلك نستعين بما يسمى **طاقة الرابطة بين ذرتين** وهي معدل الطاقة اللازمة لكسر مول واحد من الرابطة الكيميائية في الحالة الغازية كما يأتي :

هل تعلم:

أن الطاقة اللازمة لكسر رابطة كيميائية تساوي مقدار الطاقة الناتجة من تكون تلك الرابطة؟



ويمكن القول : إن التفاعل يكون طارداً للحرارة إذا كان مجموع طاقة الروابط في المواد المتفاعلة أقل من مجموع طاقة الروابط في المواد الناتجة .

والجدول الآتي يبين قيماً مختارة لطاقة الرابطة لبعض الروابط :

#### جدول (٤) طاقة بعض الروابط :

الرابطة	الطاقة كيلو جول/مول	الرابطة	الطاقة كيلو جول/مول	الرابطة	الطاقة كيلو جول/مول
H-H	٤٣٦	H-Cl	٤٣٢	Br-Br	١٩٢
H-C	٤١٣	H-Br	٣٦٨	I-I	١٥١
H-N	٣٨٩	H-I	٢٩٧	C-C	٤٣٤
H-O	٤٦٤	N-N	١٣٤	C-N	٢٦٨
H-F	٥٦٥	O-O	١٣٨	O-O	٤٥٩
H-S	٣٣٩	F-F	١٥٨	O-C	٣٥٨
		Cl-Cl	٢٤٣	C=O	٧٩٩
				N=N	٩٤١

ويمكن استخدام قيم طاقة الرابطة المدونة في الجدول لحساب حرارة تفاعل معين ، وذلك باستخدام العلاقة الآتية :  
 $\Delta H$  للتفاعل = مجموع طاقة الروابط المكسورة - مجموع طاقة الروابط المتكونة .



**مثال (٥) احسب  $\Delta H$  للتفاعل التالي باستخدام طاقات الروابط في الجدول (٤)**



**الحل:** أكمل الجدول التالي :

الروابط التي تم كسرها	طاقة الرابطة (كيلو جول)	الروابط المتكونة	طاقة الرابطة (كيلو جول)
H-H	٤٣٦	2(H-Cl)	$٤٣١,٨ \times ٢$
Cl-Cl	٢٤٣	---	---
المجموع	٦٧٩ كيلو جول		٨٦٣,٦

نلاحظ أن طاقة الروابط المتكونة أكبر من طاقة الروابط المكسورة .

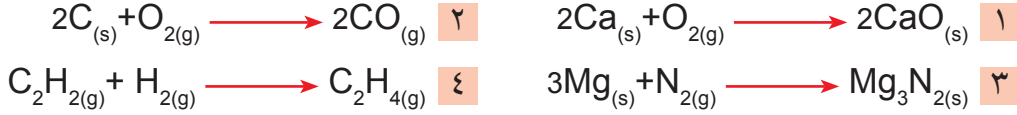
$\Delta H$  للتفاعل = مجموع طاقة الروابط المكسورة - مجموع طاقة الروابط المتكونة .

$$= (٤٣١,٨ \times ٢) - (٢٤٣ + ٦٧٩) = ٨٦٣,٦ - ٩٢٢ = -٥٨,٤ \text{ كيلو جول}$$

إذن يكون التفاعل طارداً للحرارة .

١ اختر الاجابة الصحيحة فيما يأتي :

أ المعادلات التي يكون التغير في المحتوى الحراري لها مساوياً لحرارة التكوين المولية ( $\Delta H_f^\circ$ ) للناتج هي :



ب بالإعتماد على جدول (٤) فإن قيمة التغير في المحتوى الحراري  $\Delta H$  للتفاعل الآتي تساوي :



- ١ + ٢٩٠ كيلو جول .  
٢ - ٢٩٠ كيلو جول .  
٣ + ٧ كيلو جول .  
٤ - ٧ كيلو جول .

ج اختر العبارة الصحيحة من كل مما يأتي :

- ١ قيمة  $\Delta H$  سالبة للتفاعل الماص للحرارة .  
٢ التفاعل الطارد للحرارة يطلق حرارة للمحيط .  
٣ الحرارة تنطلق عند حدوث تفاعل ماص للحرارة .  
٤ وعاء التفاعل يبرد عند حدوث تفاعل طارد للحرارة .  
د إذا علمت أن حرارة التكوين المولية للألومينا تساوي -١٦٧٦ كيلو جول :  
فإن قيمة  $\Delta H$  للتفاعل التالي هي :



- ١ - ٣٣٥٢ كيلو جول .  
٢ - ٨٣٨ كيلو جول .  
٣ ٨٣٨ كيلو جول .  
٤ + ٣٣٥٢ كيلو جول .

٢ بالإعتماد على جدول (٤) ، احسب قيمة  $\Delta H$  للتفاعل الآتي :



- ٣ إذا حرقت كمية من مادة ما مقدارها ٢,٨٥ مول في مسعر يحتوي ٨,٦ كيلو غرام ماء . فما مقدار الارتفاع في درجة حرارة الماء (اهمل الحرارة التي امتصتها الأدوات في المسعر) . إذا كانت حرارة الاحتراق المولية للمادة تساوي -٨١٠ كيلو جول/مول ؟

٤ يحترق الميثان  $\text{CH}_4$  في كمية كافية من الأكسجين  $\text{O}_2$  منتجاً ثاني أكسيد الكربون  $\text{CO}_2$  وبخار الماء  $\text{H}_2\text{O}_{(g)}$ ، ويمكن تمثيل التفاعل بالمعادلة الآتية:



- أ احسب الطاقة المصروفة في تكسير الروابط في المواد المتفاعلة (استخدم جدول طاقة الروابط).
- ب احسب الطاقة الناتجة عن تكوين الروابط في المواد الناتجة.
- ج احسب قيمة  $\Delta H^\circ$  للتفاعل
- د قارن القيمة التي أوجدتها مع قيمة حرارة احتراق الميثان. علل.

٥ عينة تتكون من مزيج من السكروز  $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$  وكلوريد الصوديوم كتلتها ٣ غم وضعت في مسعر قبلي لحرق السكروز فقط، احسب النسبة المئوية للسكروز في العينة إذا أدى احتراق السكروز إلى رفع درجة حرارة المسعر بمقدار ١,٦٧ س° علماً أن السعة الحرارية للمسعر ومحتوياته ٢٢,٥ كيلو جول/س°، وحرارة احتراق السكروز ٣١٠×٥,٦٤ جول/مول.

الكتلة المولية للسكروز ٣٤٢ غم.

مساعدة: احسب كمية الحرارة الناتجة عن حرق العينة أولاً ثم احسب كتلة السكروز التي أطلقت هذه الكمية من الحرارة.

٦ بالاعتماد على جدول (٣) و جدول (٤)، احسب قيمة  $\Delta H$  للتفاعل الآتي، ثم قارن بين الإجابتين، وعللها.



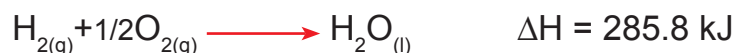
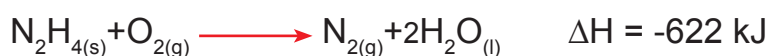
١ وفق بين المصطلحات في العمود (أ) مع وضعها الصحيح في العمود (ب) بوضع رقم المصطلح في ( )

أ	ب
١ قياس حرارة التفاعل	( ) تفاعل كيميائي يمتص الحرارة من المحيط .
٢ $\Delta H$	( ) الجزء من البيئة موضوع الدراسة .
٣ حرارة التكوين	( ) عملية القياس المضبوطة والدقيقة للتغير الحراري لعملية فيزيائية أو كيميائية
٤ تفاعل ماص للحرارة	( ) النظام + المحيط .
٥ النظام	( ) التغير في المحتوى الحراري المرافق لتكوين مول واحد في المركب من عناصره الأولية .
٦ المسعر القنبلة	( ) أداه تستخدم لقياس كمية الحرارة التي تمتص أو تحرر خلال عملية فيزيائية أو كيميائية؟
٧ المحيط	( ) عند جمع معادلتين حراريتين أو أكثر لإعطاء معادلة نهائية فإن التغيرات الحرارية يمكن جمعها لتحديد التغير في المحتوى الحراري للمعادلة النهائية .
٨ قانون هس	( ) التغير في المحتوى الحراري .

٢ احسب حرارة التكوين  $\Delta H_f$  للهيدرازين من عناصره كما في المعادلة الآتية :



وذلك باستعمال المعادلتين الآتيتين :



٣ أسطوانة غاز تحوي ١٢ كغم من غاز البيوتان  $C_4H_{10}$  فإذا علمت أن الكتلة المولية للبيوتان = ٥٨ غم

وأن البيوتان يحترق وفق المعادلة الآتية :



احسب ما يأتي :

أ عدد مولات البيوتان في الأسطوانة .

ب كمية الحرارة الناتجة عن احتراق ١٢ كغم من البيوتان .

ج كمية الماء التي يمكن تسخينها من درجة حرارة صفر سلسيوس إلى ١٠٠ س باستعمال أسطوانة

غاز واحدة (الحرارة النوعية للماء ٤,٢ جول/غم س)

د القيمة الحرارية للبيوتان .

٤ احسب  $\Delta H$  للتفاعل الآتي من قيم حرارة التكوين القياسية المرفقة :



$\Delta H_f$  (kJ/mol) المادة

$\text{Fe}_2\text{O}_{3(s)}$  -824.2

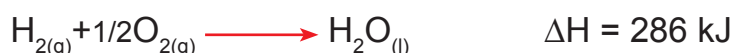
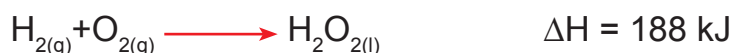
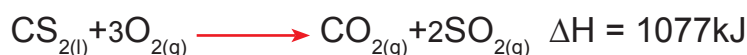
$\text{Fe}(\text{OH})_{3(s)}$  -823

$\text{H}_2\text{O}_{(l)}$  -285.8

٥ احسب  $\Delta H$  للتفاعل الآتي :



إذا علمت أن



٦ تم إضافة ٥٠ سم<sup>٣</sup> من محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH تركيزه ٤, ٠ (م) إلى ٢٠ سم<sup>٣</sup> من محلول

حمض الكبريتيك  $\text{H}_2\text{SO}_4$  تركيزه ٥, ٠ (م) في مسعر سعته الحرارية ٣٩ جول/س<sup>٠</sup> فارتفعت درجة

حرارة المحلول ٦, ٣ س<sup>٠</sup>، احسب حرارة التعادل المولية لحمض الكبريتيك، علماً أن الحرارة النوعية

للمحلول في المسعر ١٨, ٤ جول/غم س<sup>٠</sup>.

٧ يحترق  $\text{B}_2\text{H}_6$  حسب المعادلة الآتية :



إذا علمت أن قيم حرارة التكوين المولية للمواد الآتية هي :

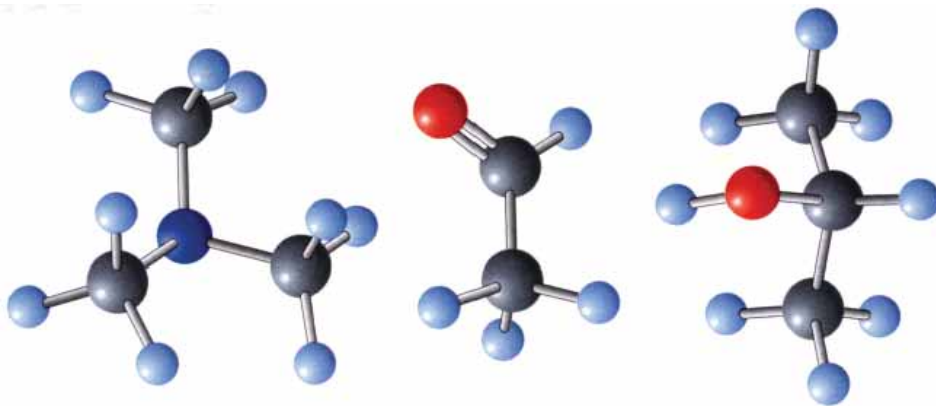
$\Delta H_f^\circ \text{B}_2\text{H}_{6(g)} = -٥٧, ٤$  كيلو جول/مول.

$\Delta H_f^\circ \text{B}_2\text{O}_{3(s)} = ١٢٧٣$  كيلو جول/مول.

$\Delta H_f^\circ \text{H}_2\text{O}_{(g)} = ٢٤١, ٨$  كيلو جول/مول.

احسب كمية الحرارة الناتجة عن احتراق ٤ غم  $\text{B}_2\text{H}_6$ .

## الكيمياء العضوية

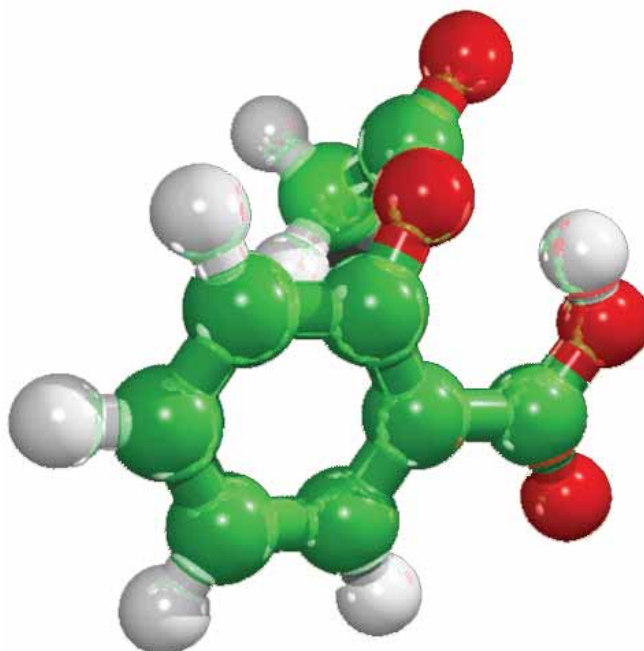
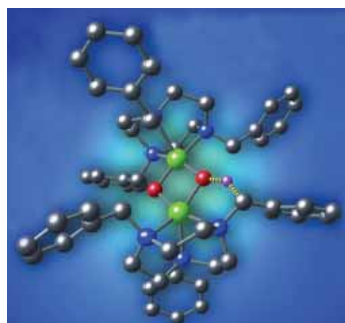




تعلمت سابقاً أن الكربون يتحد مع الهيدروجين وعناصر أخرى مكوناً عدداً كبيراً من المركبات التي يطلق عليها اسم المركبات العضوية . تختص الكيمياء العضوية بدراسة مركبات الكربون ذات الأصل النباتي أو الحيواني أو الاصطناعي . ولها أهمية في معظم نواحي الحياة ، مثل : الغذاء والعلاج والمنظفات والمبيدات وأدوات التجميل وغيرها .

للمركبات العضوية خصائص فيزيائية وكيميائية تميزها عن غيرها من المركبات الأخرى . كما أن تفاعلاتها على جانب كبير من الأهمية ، فعلى سبيل المثال لوحظ أن التفاعل في الجزيء العضوي قد يحدث فقط على موقع معين من الجزيء دون بقية الأجزاء . فما خصائص هذه المركبات؟ وما أهميتها؟ هذه الأسئلة ، وأخرى غيرها ستمكن من الإجابة عنها بعد دراستك هذا الفصل وستكون قادراً على أن :

- ١ تتعرف الخواص الفريدة لذرة الكربون وموقعها في الجدول الدوري .
- ٢ تتعرف الروابط الكيميائية في المركبات العضوية .
- ٣ تعدد أقسام الهيدروكربونات .
- ٤ تكتب أسماء وصيغاً جزيئية لعدد من الألكانات .
- ٥ تتعرف الروابط حول ذرة الكربون وأنواع التهجين .
- ٦ تتعرف التشاكل في الألكانات .
- ٧ تسمي الألكانات وتتعرف طرق تحضيرها وتفاعلاتها .



## ١-١ الخواص الفريدة لذرة الكربون

هل تعلم:

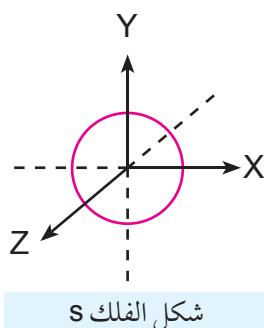
أن الكربون يوجد على عدة أشكال منها: الفحم، الغرافيت، الماس.

تعود أسباب كثرة مركبات الكربون إلى قدرة ذرات هذا العنصر على الارتباط ببعضها بروابط قوية، مكونة سلاسل جزيئية مختلفة الأشكال والأحجام والترتيب بالإضافة إلى قدرتها على الارتباط بذرات عناصر أخرى مثل الأكسجين والنيتروجين والهالوجينات.

### البناء الإلكتروني لذرة الكربون:

الكربون لا فلز يقع في الدورة الثانية من الجدول الدوري وعلى رأس المجموعة IVA. ولتتعرف التركيب الإلكتروني لذرة الكربون ( $^{12}_6\text{C}$ ) لا بد من التعرف على ما يسمى بالفلك، فما الفلك؟

**الفلك فراغ حول نواة الذرة تكون احتمالية وجود الإلكترون فيه عالية جداً.**

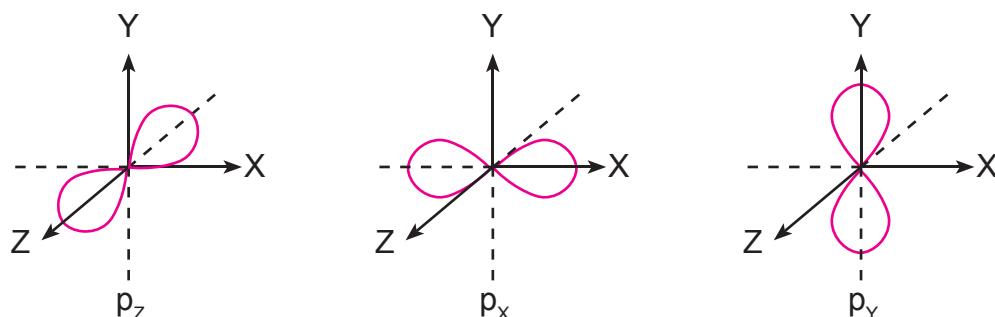


شكل الفلك s

وهناك أنواع مختلفة من الأفلاك يمتاز كل منها بشكل وحجم ومستوى طاقة معين. وتشغل الإلكترونات هذه الأفلاك حسب طاقتها، فالفلك ذو الطاقة الأقل يُشغل أولاً ويكون أكثر استقراراً بسبب قربته من النواة. وستتعرف بشيء من التفصيل على نوعين من الأفلاك، وهما فلك s وأفلاك p.

**فلك s:** فلك كروي التماثل حول نواة الذرة ويتسع لإلكترونين فقط، ويمثل كما في الشكل المجاور:

**أفلاك p:** عددها ثلاثة أفلاك متعامدة على بعضها بحيث يتجه كل منها نحو أحد الاحداثيات X، Y، Z، ويتسع كل فلك من أفلاك p إلى إلكترونين فقط، ويمكن توضيحها كما يأتي:



شكل الفلك p

وبما أن ذرة الكربون تحتوي ستة إلكترونات فقط وجد العلماء أن هذه الإلكترونات موزعة على أفلاك ذرة الكربون كما يأتي:  $1s^2 2s^2 2p^2$  وهذه الطريقة في التوزيع ستتعرف عليها في السنة القادمة إن شاء الله.

مما سبق يتبين أن مستوى الطاقة الرئيس الأخير ( $n=2$ ) لذرة الكربون يحتوي أربعة إلكترونات تسمى **إلكترونات التكافؤ** تستعملها ذرة الكربون في تكوين روابطها الكيميائية، إن الطريقة التي ترتبط بها الذرات لتكوين المركبات يكون لها تأثير كبير في الخواص الكيميائية والفيزيائية لتلك المركبات.

يمكن القول ان ذرات العناصر ترتبط ببعضها من أجل الوصول إلى حالة الاستقرار والثبات الموجودة في الغازات النبيلة. وللوصول إلى هذه الحالة تسعى ذرة الكربون إلى أن تكون أفلاك  $p$  ممتلئة بالإلكترونات وذلك بتكوين أربعة روابط تشاركية وتشكل هرمًا رباعي الأوجه منتظماً مركزه تلك الذرة.

## الرابطة الكيميائية في المركبات العضوية:

### هل تعلم:

أن هناك نظرية أحدث من نظرية رابطة التكافؤ تسمى نظرية مدارات الجزيئات والتي استطاعت أن تحل كثيراً من المشاكل التي لم تعالجها نظرية رابطة التكافؤ؟

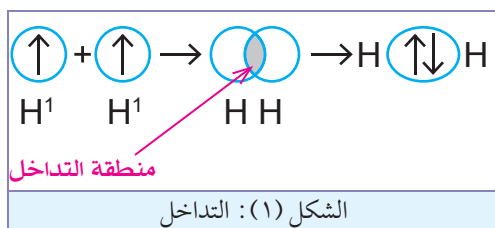
ترتبط الذرات في المركبات العضوية برابطة تسمى «رابطة تشاركية»، تساهم في تحديد الخصائص الكيميائية والفيزيائية لتلك المركبات، فما هو الأساس النظري لتكون هذه الرابطة.

### نظرية رابطة التكافؤ:

وهي نظرية تقريبية وضعها العالم باولنج (Pauling) في مطلع القرن العشرين لتواكب التطور الحاصل في فهم تركيب الذرة ويمكن تلخيص هذه النظرية كما يأتي:

**لكي تكون ذرتان رابطة مشتركة بينهما، يجب أن تحتوي كل منهما على فلك نصف ممتلئ (إلكترون مفرد).**

عند اقتراب ذرتين لتكوين رابطة تشاركية فإن فلك الذرة الأولى الذي يحتوي على الإلكترون المفرد يتداخل مع فلك من الذرة الثانية الذي يحتوي على إلكترون مفرد أيضاً لتكوين منطقة مشتركة بين نواتي الذرتين تسمى **منطقة التداخل** كما في الشكل (١).



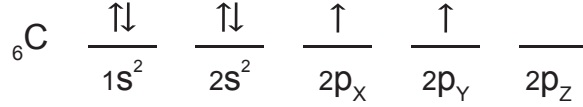
وتتسع هذه المنطقة للإلكترونين فقط يدوران في اتجاهين متعاكسين. ويمكن القول: إن قوة الرابطة الناتجة تتناسب طردياً مع مدى التداخل بين الفلكين المستخدمين في الربط، ويطلق على الرابطة الناتجة اسم رابطة سيجما ( $\sigma$ ) في حال تركّز كثافة الإلكترونات الرابطة على المحور الوهمي الواصل بين نواتي الذرتين.

## الأفلاك المهجنة:

فسّرت نظرية رابطة التكافؤ تكوّن العديد من المركبات، إلا أنها فشلت في تفسير تكوّن مركبات أخرى مثل المركبات الهيدروكربونية، لماذا؟

### هل تعلم:

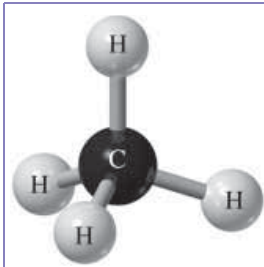
أن العرب قديماً قد نفذوا فكرة التهجين مع بعض الحيوانات والنباتات؟



الشكل (٢): التوزيع الإلكتروني لذرة الكربون

يبين الشكل (٢) التوزيع الإلكتروني لذرة الكربون حيث تحتوي على إلكترونين مفردين فقط في مدارات p، ومن الجدير بالذكر أن مستوى طاقة أفلاك 2p أعلى من مستوى طاقة فلك 2s وبناءً على نظرية التكافؤ فإنها تستطيع تكوين رابطتين تشاركيتين فقط. ولو تمعّنت التوزيع الإلكتروني لذرة الهيدروجين المبين في الشكل (٣) لوجدت أن ذرة الهيدروجين تحتوي على إلكترون مفرد واحد وبالتالي تستطيع تكوين رابطة تشاركية واحدة، أي أن الصيغة الكيميائية المتوقعة للمركب الناتج من ارتباط ذرة كربون مع الهيدروجين هي  $\text{CH}_2$ . وفي الحقيقة، إن هذا المركب المفترض غير موجود في الطبيعة، وعندما حاول العلماء إنتاجه مخبرياً تبين أنه غير مستقر.

أما أبسط المركبات الموجودة فعلاً في الطبيعة والناتجة من ارتباط الكربون مع الهيدروجين فهو غاز الميثان  $\text{CH}_4$ ، ويعدّ هذا الغاز المكون الرئيس للغاز الطبيعي الذي يستخرج من حقول النفط. فما عدد الروابط حول ذرة الكربون في هذا المركب؟ وما هو شكله الجزيئي؟

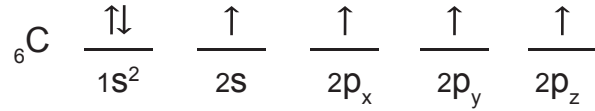


الشكل (٣): التوزيع الإلكتروني لذرة الهيدروجين

يتبين من الصيغة الجزيئية لمركب الميثان أن ذرة الكربون محاطة بأربعة روابط تشكل حولها شكلاً رباعياً الأوجه منتظماً (هرم رباعي منتظم) وزاوية الربط فيه تساوي ١٠٩,٥°. كما هو مبين في الشكل (٤).

ولكي يتمكن الكربون من تكوين أربعة روابط كما في مركب الميثان لا بد له من امتلاك أربعة إلكترونات مفردة بدلاً من اثنين، فكيف تكوّن مركب الميثان؟ وكيف فسر العلماء الشكل رباعي الأوجه له؟ وللإجابة على ذلك طور العلماء نظرية رابطة التكافؤ وذلك بإدخال مفهوم جديد هو الأفلاك المهجنة، فما هي هذه الأفلاك؟

إذا نظرنا إلى توزيع إلكترونات التكافؤ في ذرة الكربون (شكل ٢)، نلاحظ أن بالإمكان الحصول على أربعة إلكترونات مفردة وذلك بانتقال أحد إلكترونات فلك 2s إلى فلك 2p الفارغ والأعلى منه في مستوى الطاقة وهذه هي الخطوة الأولى في عملية التهجين، كما يأتي:

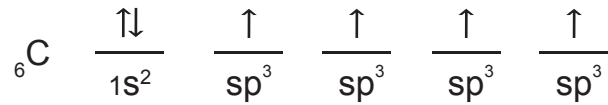
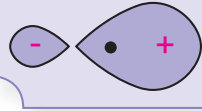


أصبحت ذرة الكربون وحسب نظرية التكافؤ قادرة على تكوين أربع روابط من نوع سيجما ( $\sigma$ ) مع أربع ذرات هيدروجين، ولأن إلكترونات الكربون المستخدمة جاءت من أفلاك مختلفة فمن المتوقع أن تكون الروابط الناتجة عنها غير متكافئة في الطاقة والاتجاه. أي إن الروابط الأربع في الميثان من نوعين مختلفين وزوايا الربط بينها لا يمكن أن تكون متساوية. والحقيقة أن الروابط الأربع في الميثان متكافئة وجميع الزوايا بينها متساوية أيضاً (١٠٩,٥)، فكيف حدث هذا؟

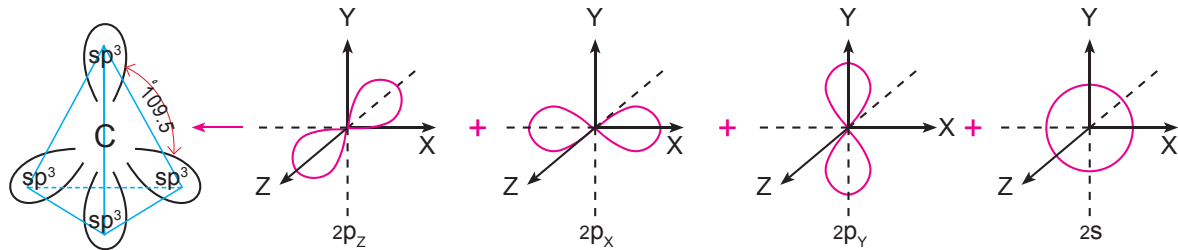
يقودنا ذلك إلى القول: إن الإلكترونات الأربعة المفردة في ذرة الكربون تحتل أفلاكاً متكافئة أيضاً (نفس الطاقة والاتجاه). ولتفسير ذلك تم افتراض حدوث خطوة ثانية تلي انتقال الإلكترون من فلك 2s إلى فلك 2p الفارغ وهي عملية دمج أفلاك 2p الثلاثة مع فلك 2s بحيث يصبح لدى الكربون أربعة أفلاك جديدة ومتكافئة. ولأن هذه الأفلاك نتجت من فلك واحد من 2s وثلاثة أفلاك من 2p، فقد أطلق على كل منها اسم  $sp^3$  وتتميز بأن لها نفس الطاقة ونفس الشكل إلا أنها تختلف اختلافاً كاملاً عن الأفلاك التي تكونت منها أصلاً ( $2s, 2p$ ).

#### هل تعلم:

- \* أن التهجين هو اندماج أفلاك متقاربة في الطاقة لإنتاج أفلاك جديدة متساوية في الطاقة.
- \* أن شكل فلك  $sp^3$  هو



أربعة أفلاك  $sp^3$  يحتوي كل منها على إلكترون واحد



خلط فلك 2s مع ثلاثة أفلاك 2p لإنتاج أربعة أفلاك  $sp^3$

وتتميز الأفلاك المهجنة الناتجة بما يأتي :

١ عدد الأفلاك المهجنة يساوي عدد الأفلاك المكونة لها ، فمثلاً يكون عدد أفلاك  $sp^3$  الناتجة من تهجين فلك s مع أفلاك p الثلاثة = ٤ .

٢ يتكون كل فلك مهجن من جزئين أحدهما صغير والآخر كبير كما يظهر في الشكل

٣ الأفلاك المهجنة محددة الإتجاه في الفراغ بشكل أدق من الأفلاك المكونة لها .

٤ الزوايا بين الأفلاك المهجنة يجب أن تسمح بتباعد هذه الأفلاك عن بعضها إلى أقصى ما يمكن .

هل تعلم:

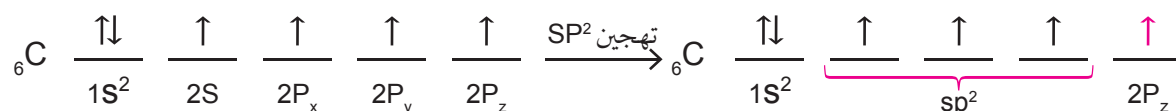
أن جزيء الأمونيا  $NH_3$  وجزيء الماء  $H_2O$  لهما تهجين  $sp^3$ ؟

### أنواع التهجين:

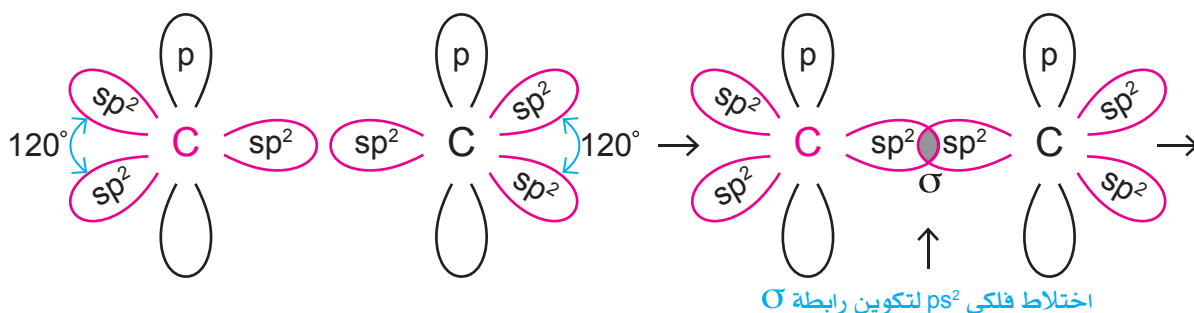
بالإضافة إلى أفلاك  $sp^3$  هناك أنواع أخرى من الأفلاك المهجنة ، سنتناول منها فقط ما يخص ذرة الكربون المهجنة في المركبات الهيدروكربونية وهي :

نوع التهجين	الزاوية بين الأفلاك المهجنة
$sp^3$	$109.5^\circ$
$sp^2$	$120^\circ$
$sp$	$180^\circ$

١ تهجين  $sp^2$  وشكل جزيء الإيثيلين ( $C_2H_4$ ) : يكون الشكل الفراغي حول ذرة الكربون مثلث مستوي وزوايا الربط فيه  $120^\circ$  وفي هذه الحالة تكفي ذرة الكربون بخلط فلكين من أفلاك 2p مع فلك 2s لإنتاج ثلاثة أفلاك  $sp^2$  ويبقى فلك p الثالث دون تهجين ، كما في الشكل (٧) .

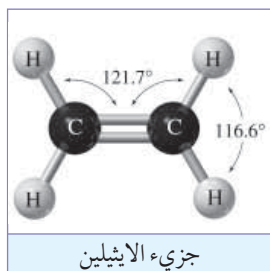


والشكل الآتي يوضح كيفية إتباط ذرتي الكربون في جزيء الإيثيلين :

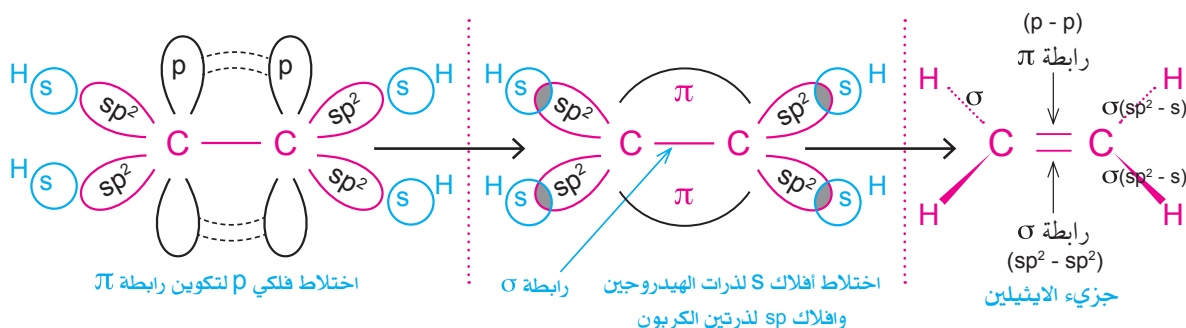


الشكل (٧) : خلط فلك 2s مع فلكين من أفلاك 2p لإنتاج ثلاثة أفلاك  $sp^2$  وتكوين رابطة بين ذرتي الكربون

يحدث الترابط بين فلكي ( $sp^2$ ) المهجنة في كل من ذرتي الكربون مع ذرتي هيدروجين ( $1s$ ) أما فلك  $sp^2$  الثالث حول ذرة الكربون فيرتبط مع فلك مشابه له في ذرة الكربون الثانية وبذلك يكون عدد روابط ( $\sigma$ ) حول كل من ذرتي الكربون يساوي ثلاثة .

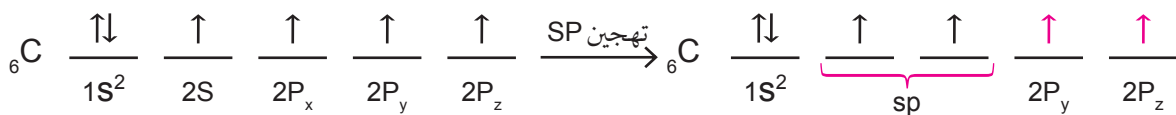


ترتبط بين ذرتي الكربون في  $C_2H_4$  رابطة ثنائية مكونة من رابطة ( $\sigma$ ) ورابطة ثانية تنشأ من تداخل فلك  $p$  غير المهجن (والمتعامد على محور رابطة  $\sigma$ ) في ذرة الكربون الأولى مع مثيله في الذرة الثانية فوق وتحت المحور الواصل بين نواتي الذرتين ، ويطلق على هذا النوع من الروابط اسم رابطة ( $\pi$ ) انظر الشكل (٨) .



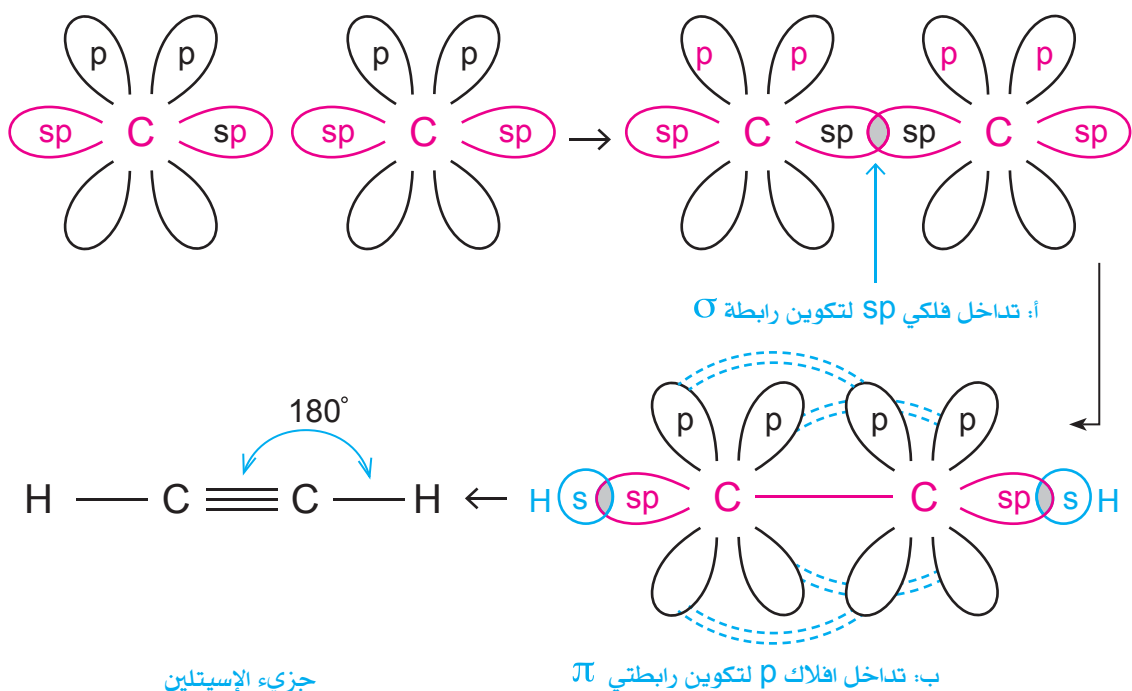
الشكل (٨): اختلاط أفلاك  $sp^2 - sp^2$  لتكوين رابطة  $\sigma$  ، اختلاط أفلاك  $2p$  لتكوين رابطة  $\pi$

٢ تهجين  $sp$  وشكل جزيء الأسيتلين ( $C_2H_2$ ): يحتوي هذا الجزيء على رابطة ثلاثية بين ذرتي الكربون ( $\pi + \pi + \sigma$ ) ، وفي هذه الحالة يتم خلط فلك  $2s$  في كل من ذرتي الكربون مع فلك واحد من أفلاك  $2p$  ويبقى الفلكان الآخران دون تهجين ، انظر الشكل (٩) .



الشكل (٩): خلط فلك  $2s$  مع فلك واحد من أفلاك  $2p$  لإنتاج فلكي  $sp$

إن فلكي  $sp$  الناتجين لهما شكل هندسي خطي وكذلك جزيء الأسيتلين وزاوية الربط بينهما  $180^\circ$  . ويمكن تفسير حدوث رابطتي  $\pi$  بين ذرتي الكربون بطريقة مماثلة لغاز الإيثيلين في المثال السابق ، انظر الشكل (١٠) .



الشكل (١٠): تكون الروابط في جزيء الأسيتلين

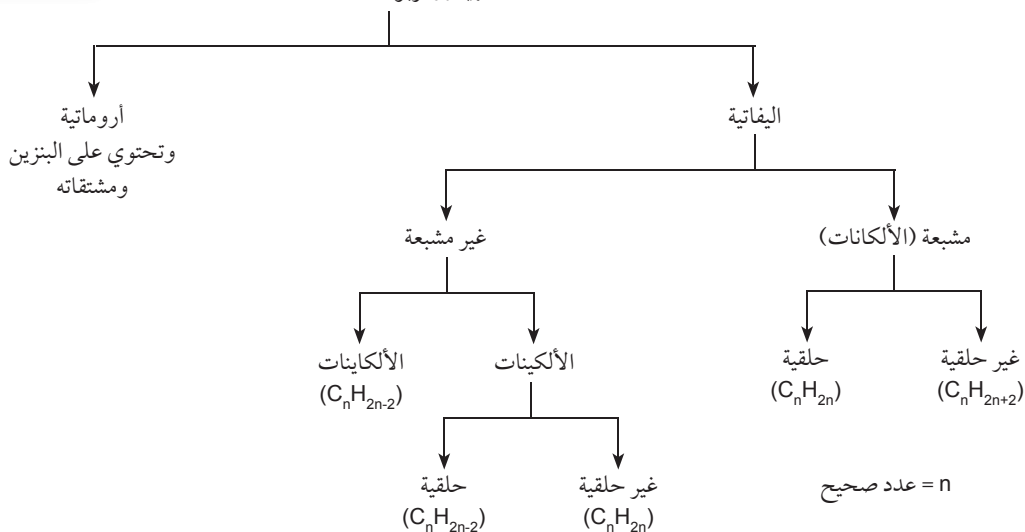
تصنف الرابطة التشاركية بين ذرتي كربون حسب عدد الإلكترونات في منطقة التداخل، فإذا كانت الرابطة مكونة من إلكترونين فقط يطلق عليها **رابطة أحادية ( $\sigma$ )** وإذا كان عدد الإلكترونات يساوي أربعة فتسمى **رابطة ثنائية ( $\pi + \sigma$ )**. وفي حالة كون العدد يساوي ستة إلكترونات فتسمى **بالرابطة الثلاثية ( $2\pi + \sigma$ )**.

#### الهيدروكربونات:

مركبات تحتوي على عنصري الكربون والهيدروجين فقط، وتعتبر أبسط المركبات العضوية.

إذا كونت ذرة الكربون روابط تشاركية مع غيرها من ذرات الكربون والهيدروجين فقط فتسمى عندها المركبات الناتجة بالهيدروكربونات، ويمكن تصنيفها إلى هيدروكربونات اليغائية وهيدروكربونات أروماتية كما في الشكل التالي، وستعرض في هذا الفصل إلى الهيدروكربونات الاليغائية فقط.

#### الهيدروكربونات (C, H)





يعدّ البترول أحد المصادر الرئيسة للطاقة، فهو يحتوي على نسبة عالية من الهيدروكربونات المشبعة (الألكانات)، ومنه يمكن الحصول على الجازولين، وزيت التشحيم، والفازلين، وشمع البرافين، وكذلك الأسفلت وغيرها، وتعتبر الألكانات مادة أولية للحصول على مركبات عضوية أخرى، ويطلق على الألكانات اسم البرافينات وتعني هذه الكلمة قليلة النشاط الكيميائي.

والصيغة العامة للألكانات غير الحلقية  $C_nH_{2n+2}$  (حيث  $n$ : عدد صحيح)، وفي هذا الفصل ستعرف على الألكانات المحتوية على ذرة كربون واحدة إلى عشر ذرات كربون. والجدول (١) يبين الأسماء والصيغ الجزيئية ودرجات الانصهار ودرجات الغليان لبعض الألكانات التي تحتوي على ذرات كربون على شكل سلاسل متتابعة.

جدول (١): الألكانات ( $C_1 - C_{10}$ )

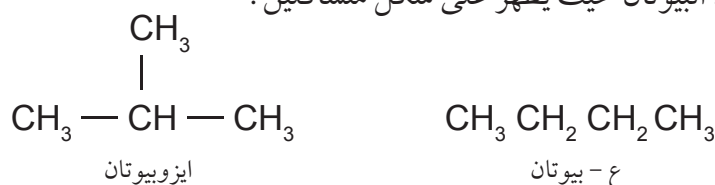
الاسم	الصيغة الجزيئية	درجة الانصهار (س°)	درجة الغليان (س°)
الميثان	$CH_4$	-١٨٣	-١٦٢
الايثان	$C_2H_6$	-١٧٢	-٨٩
البروبان	$C_3H_8$	-١٨٧	-٤٢
البيوتان	$C_4H_{10}$	-١٣٨	صفر
البنتان	$C_5H_{12}$	-١٣٠	٣٦
الهكسان	$C_6H_{14}$	-٩٥	٦٩
الهبتان	$C_7H_{16}$	-٩٠, ٥	٩٨
الاكتان	$C_8H_{18}$	-٧٥	١٢٦
النونان	$C_9H_{20}$	-٤٥	١٥١
الديكان	$C_{10}H_{22}$	-٣٠	١٧٤

من الجدول السابق تستنتج أن الألكانات الأربعة الأولى هي غازات بينما الستة الأخرى سوائل على درجة حرارة الغرفة (٢٥ س°)، ولا بد أنك لاحظت أن جميع الألكانات تنتهي أسماؤها بالمقطع (آن) والصيغة العامة لها ( $C_nH_{2n+2}$ )، وقد اتفق العلماء على تسمية سلسلة المركبات التي تتزايد فيها الصيغة الجزيئية بـ  $CH_2$  بالسلسلة المتتابعة.

## التشاكل في الألكانات (Isomerization in Alkanes)

بعض الألكانات لها خواص فيزيائية وكيميائية مختلفة مع أن لها نفس الصيغة الجزيئية كما هو الحال في  $C_4H_{10}$ . وتزداد احتمالية وجود متشاكلات في الألكان كلما زاد عدد ذرات الكربون في سلسلة الألكان، إذ يمكن القول: إن هذه الاحتمالية تبدأ من الألكانات التي تحوي أربع ذرات كربون فأكثر كما في جزئي البيوتان.

ومثال على ذلك جزئي البيوتان حيث يظهر على شكل متشاكلين:



وتعرف ظاهرة اشتراك بعض المواد في صيغتها الجزيئية العامة واختلافها في بعض الصفات باسم التشاكل (Isomerization) وتعني تساوي الأجزاء.

ويزداد احتمال عدد المتشاكلات كلما ازداد عدد ذرات الكربون في السلسلة المتجانسة للألكان، حيث وجد أن عدد متشاكلات الديكان تساوي ٧٥ بينما عدد متشاكلات الأيكوسان  $C_{20}H_{42}$  تساوي ٣٦٦٢١٩.

### هل تعلم؟

أن من أنواع التشاكل التشاكل البنائي والتشاكل الهندسي والتشاكل الفراغي وغيرها؟

## تسمية الألكانات:

اعتمد الاتحاد الدولي للكيمياء البحتة والتطبيقية (الأيوباك (IUPAC)) نظاماً خاصاً لتسمية المركبات العضوية كما يأتي:

### نشاط:

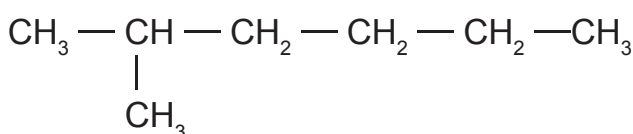
إبحث عن تاريخ الأيوباك.

أ الاسم العام للبرافين أو الهيدروكربون المشبع هو **ألكان**. يؤخذ اسم الألكان من الكلمة اللاتينية التي تدل على عدد ذرات الكربون ثم يضاف إليها المقطع (آن) في نهاية الاسم انظر الجدول (١).

ب أفراد الألكان الأربعة الأولى اخذت تسميتها قديماً وهي: ميثان، وإيثان، وبروبان، وبيوتان.

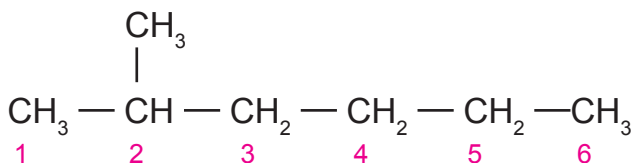
ج لتسمية الهيدروكربونات ذات السلاسل المتفرعة يُتبع ما يأتي:

١ نبحث عن أطول سلسلة متواصلة من ذرات الكربون في الجزيء الواحد ونعتبرها المركب الأم للاسم حسب الكلمة اللاتينية:



حيث تتكون أطول سلسلة من ست ذرات من الكربون ولذلك فإن اسم المركب الأم هو **هكسان**.

٢ نرقم ذرات الكربون في السلسلة المتواصلة بدءاً من الطرف الأقرب للفرع مهما كان حجم الفرع .



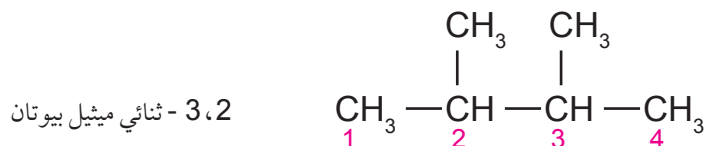
٣ تسمى المجموعة المتفرعة عن سلسلة الألكان الأم بالمقطع (الكيل) حيث يقل عدد ذرات الهيدروجين فيها عن ألكانها الأصلي بذرة واحدة، علماً بأن اسم المجموعة المتفرعة يشتق من اسم مركبها المشبع الأصلي مع تبديل نهاية اسم المركب من **آن** إلى **يل** (جدول ٢):

جدول (٢): تسمية المجموعات الألكيلية (R-):

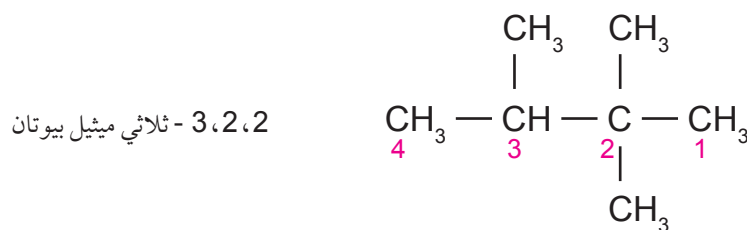
الصيغة	الاسم	المجموعة	الاسم
$\text{CH}_4$	ميثان	$\text{CH}_3 -$	ميثيل
$\text{C}_2\text{H}_6$	إيثان	$\text{C}_2\text{H}_5 -$	إيثيل
$\text{C}_3\text{H}_8$	بروبان	$\text{C}_3\text{H}_7 -$	بروبيل
$\text{C}_4\text{H}_{10}$	بيوتان	$\text{C}_4\text{H}_9 -$	بيوتيل

نضع رقم ذرة الكربون الموجود عليها الفرع ثم شرطة ثم اسم المجموعة الألكيلية المتفرعة يليها اسم الألكان الأم، أي إن الألكان في المثال السابق يسمى 2 - ميثيل هكسان .

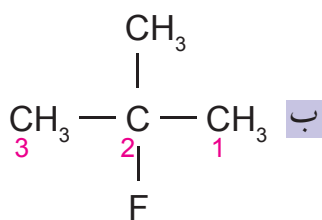
٤ عند تفرع الألكان الأم في أكثر من موقع بنفس المجموعة الألكيلية تستخدم المقاطع الآتية قبل اسم الألكان الأم لتدل على عدد تكرار المجموعة: (ثنائي، ثلاثي، رباعي، ... )  
وكما يستخدم الترقيم العددي لبيان مواقع التفرع كما ذكر سابقاً مع وجود فواصل بين الأرقام كما يأتي:



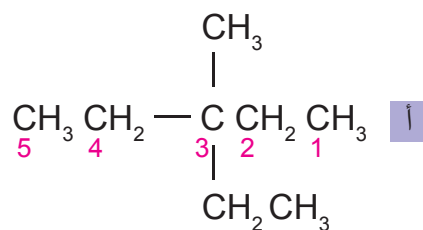
٥ عند وجود أكثر من فرع على ذرات الكربون المكونة للمركب الأم يكون الترقيم ابتداءً من طرف السلسلة الأقرب لذرة الكربون الأكثر تفرعاً:



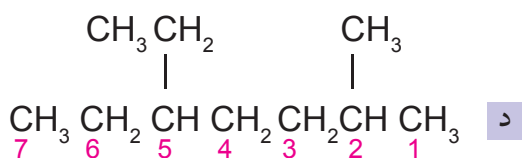
## والأمثلة الآتية تطبيقات على قواعد أيوباك في التسمية:



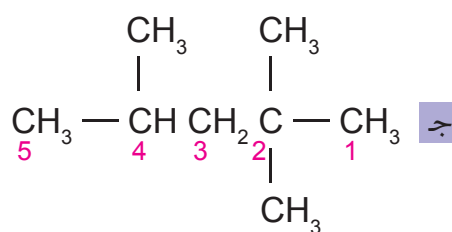
2- فلورو - 2- ميثيل بروبان



3- إيثيل - 3- ميثيل بنتان



5 - إيثيل - 2 - ميثيل هبتان



2، 2، 4 - ثلاثي ميثيل بنتان

٦ في حال ارتباط ذرة أو مجموعة غير كربونية مثل الهالوجينات في المركب الأم نتبع قواعد أيوباك السابقة ويشار إلى هذه الذرة أو المجموعة ، بأن يسبق اسمها في المركب الإشارة إلى رقم ذرة الكربون التي تفرعت عنها تلك الذرة او المجموعة ، والجدول (٣) يبين عدد من هذه المجموعات والذرات .

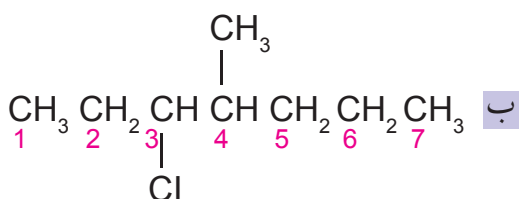
جدول (٣): بعض المركبات الهالوكربونية

الذرة أو المجموعة	الاسم في المركب	أمثلة
F	فلورو	٢- فلورو بروبان
Cl	كلورو	٣- كلوروبنتان
Br	برومو	١- بروموبيوتان
I	يودو	٢- يودوبيوتان

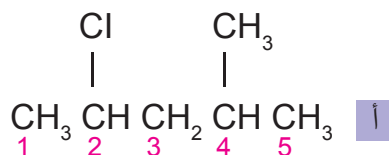
### قضية للبحث:

إبحث في مضار مركبات الكربون التي تحوي الكلور والفلور (CFC) .

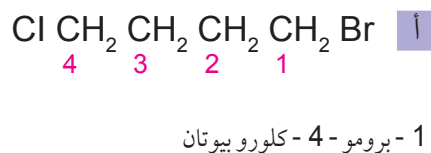
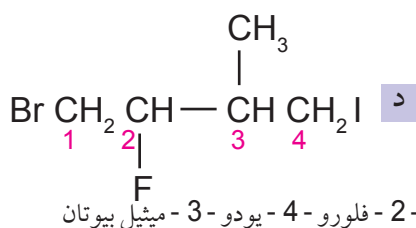
ويطلق على المركبات العضوية الأربعة الأولى في هذا الجدول والمحتوية على هالوجينات اسم هاليدات الألكيل مثل :



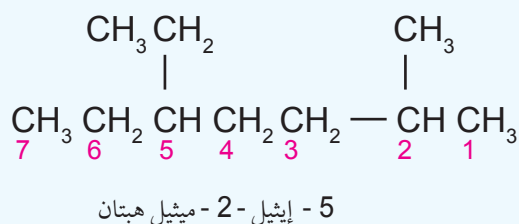
3 - كلورو - 4 - ميثيل هبتان



2 - كلورو - 4 - ميثيل بنتان



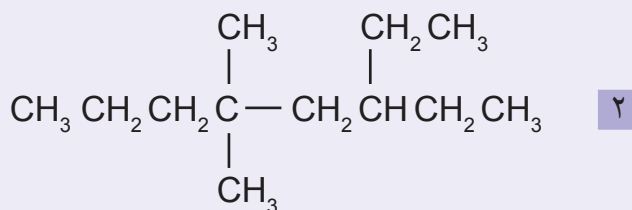
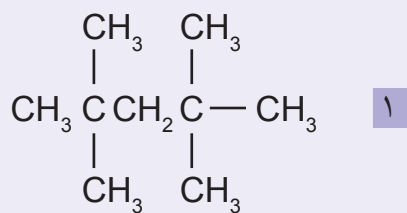
**مثال:** سمّ الألكان الآتي حسب نظام أيوباك :



**الحل:** نلاحظ أن حرف (أ) في مجموعة الإيثيل يسبق حرف الميم (م) فلذلك يسبق اسم مجموعة (إيثيل) مجموعة (ميثيل) حسب الترتيب الأبجدي .

**سؤال:** ارسم الصيغة البنائية لـ 2 ، 2 ، 4 - ثلاثي ميثيل بنتان علماً بأنه أحد المكونات الرئيسية للغازولين .

**سؤال:** سمّ الألكانات الآتية حسب نظام أيوباك .



## طرق تحضير الألكانات:

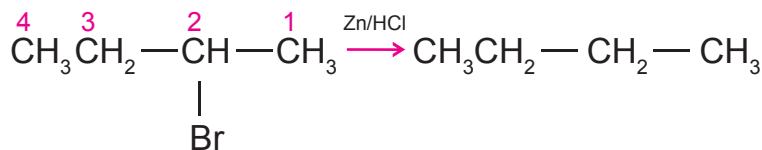
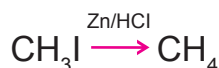
هناك عدة طرق لتحضير الألكانات نتناول منها ما يأتي :

### ١- اختزال هاليدات الألكيل:

وهي من أشهر الطرق لتحضير الألكانات حيث يتم تفاعل هاليد الألكيل المذاب في الكحول مع الخارصين في حمض الهيدروكلوريك المخفف كما هو موضح في المعادلات الآتية :

هل تعلم:

أن مركبات هاليدات الألكيل من المواد الأساسية في الكيمياء التحضيرية؟



2 - بروموبوتان

ع - بيوتان

### ٢- تميؤ كواشف غرينيار:

وذلك من خلال معاملة مركب غرينيار مع الماء حسب المعادلة العامة الآتية :



ومثال على ذلك تفاعل مركب  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{MgBr}$  مع الماء :



### ٣- تفاعل كواشف غرينيار مع هاليدات الألكيل:

حيث يتفاعل مركب غرينيار مع هاليدات الألكيل لإنتاج الألكانات ذات السلاسل الأطول .



ومثال على ذلك تحضير البروبان من تفاعل  $\text{CH}_3\text{CH}_2-\text{MgBr}$  مع بروميد الميثيل :



#### ٤- تفاعل فيرتز (Wurtz):

تقوم فكرة هذه الطريقة على تفاعل يوديد الألكيل مع عنصر الصوديوم، حيث يتم انتزاع أيون اليود بواسطة الصوديوم.



ع - هكسان

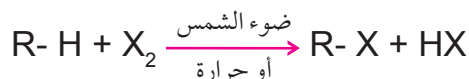
لاحظ أن استخدام هذه الطريقة تنتج ألكاناً طول سلسلته ضعف طول سلسلة الألكان المتفاعل.

#### تفاعلات الألكانات:

مع أن الألكانات خاملة نسبياً، وهي مركبات غير قطبية وغير ذائبة في الماء وقليلة الميل لمعظم الكواشف الكيميائية المشهورة، إلا أنها تتفاعل مع الهالوجينات، والأكسجين وكواشف أخرى.

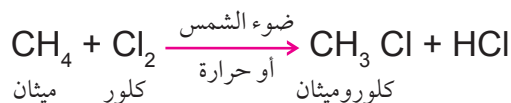
#### ١- الهلجنة:

يمكن حفظ خليط من الألكان والكلور أو البروم عند درجة حرارة منخفضة وفي الظلام دون أن يحدث أي تفاعل. ولكن إذا تعرض الخليط إلى ضوء الشمس أو حرارة عالية (٢٥٠-٤٠٠°س) فإن ذرات الهالوجين تحل محل ذرات الهيدروجين جزئياً أو كلياً في الألكان، وذلك حسب المعادلة الكيميائية الآتية:



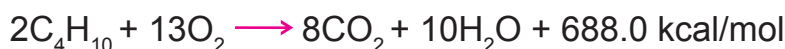
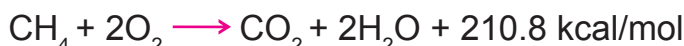
حيث  $X_2 = Cl_2$  أو  $Br_2$

لاحظ أنه تم استبدال ذرة الهيدروجين بذرة X وهو ما يعرف بتفاعل الاستبدال. ومثال على ذلك:



#### ٢- الاحتراق:

تأتي أهمية الألكانات من كونها وقوداً رئيساً، فعند حرق الألكانات بوجود وفرة من الأكسجين ينتج ثاني أكسيد الكربون وماء مصحوب بتحرر كمية كبيرة من الطاقة:

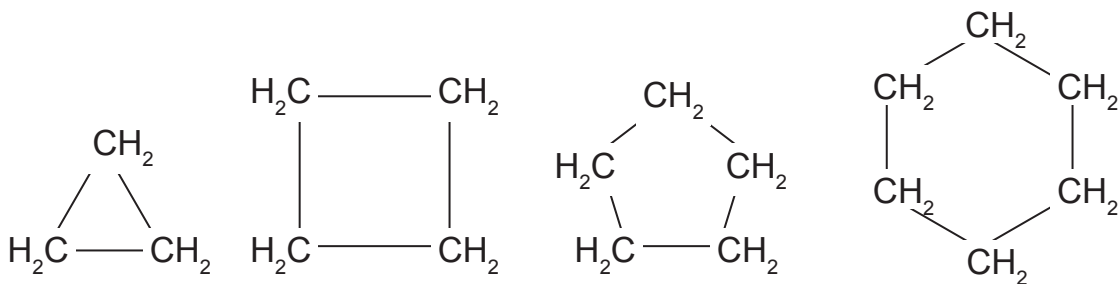


#### هل تعلم:

أن عملية احتراق الجازولين (المكون من الهيدروكربونات المحتوية على ٥-١٢ ذرة كربون) تتضمن تكوين أحجام كبيرة من الغازات والتي يؤدي تمددها إلى تحريك المكبس في محرك السيارة؟

## السايكلوألكانات (الألكانات الحلقية):

هي الألكانات المحتوية على حلقة واحدة أو أكثر من ذرات الكربون بأحجام مختلفة أصغرها تلك التي تحتوي على ثلاث ذرات كربون ، وأكبرها وأكثرها شيوعاً تلك التي تحتوي على خمس أو ست ذرات كربون .

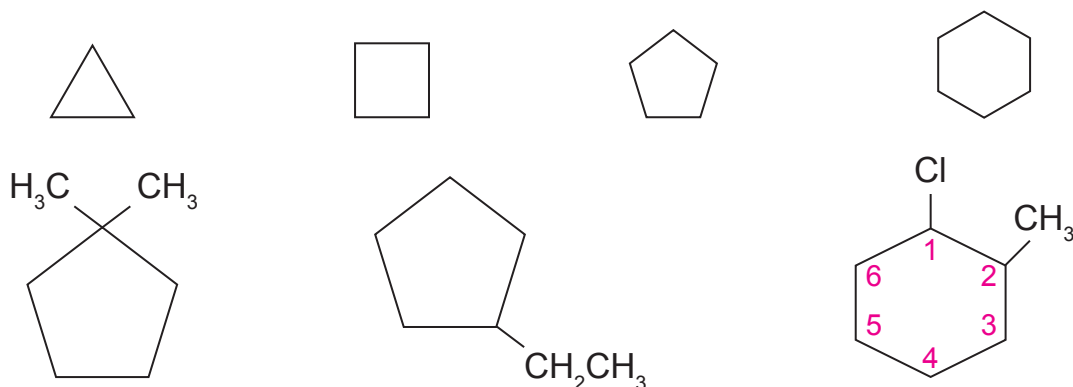


سايكلوبروبان

سايكلوبوتان

سايكلوبنتان

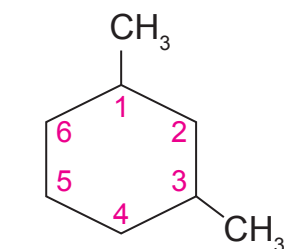
سايكلوهكسان



1،1 - ثنائي ميثيل سايكلوبنتان

إيثيل سايكلوبنتان

1 - كلورو - 2 - ميثيل سايكلوهكسان



1،3 - ثنائي ميثيل سايكلوهكسان

## صفات السايكلوألكانات:

تتلخص صفات السايكلوألكانات فيما يأتي :

- ١ جميع روابطها أحادية .
- ٢ الصيغة العامة لها  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$  وتشبه الهيدروكربونات المشبعة ذات السلاسل المفتوحة من حيث تكرار وحدة  $\text{CH}_2$  في البناء الجزيئي .



٣ تفاعلاتها مشابهة للألكانات ذات السلاسل المفتوحة ويستثنى من ذلك السايكلوبروبان والسايلوبيوتان .

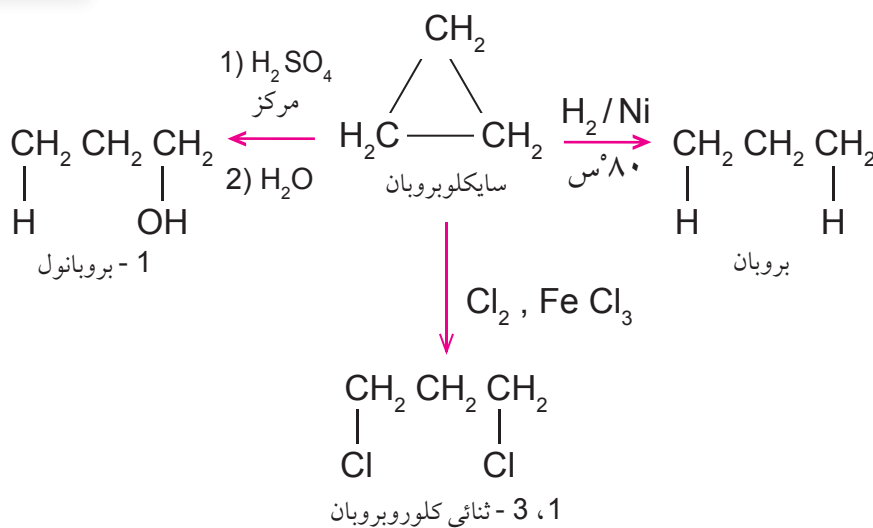
وفيما يأتي بعض السايكلوالكانات الأكثر شيوعاً:

### سايلوبروبان (C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>):

وشكله مثلث مستوٍ بزاوية تساوي ٦٠°، أي أن زاوية الرابطة أقل بكثير من الألكان ذي السلسلة المفتوحة (١٠٩, ٥)°، ولذا فإن حلقة البروبان تكون تحت التوتر شديد يسمى توتر الزاوية . ينعكس هذا التوتر على التفاعلات الكيميائية لحلقة البروبان حيث يميل الجزيء للتخلص من هذا التوتر وذلك بفتح الحلقة كما هو مبين في الأمثلة الآتية :

هل تعلم:

أنه بالرغم من وجود توتر الزاوية في جزيء السايكلوبروبان، إلا أنه يوجد في الكثير من المواد الطبيعية كما هو الحال في البروتينات المستخلصة من عصير الكمثرى؟



### السايلوبيوتان (C<sub>4</sub>H<sub>8</sub>):

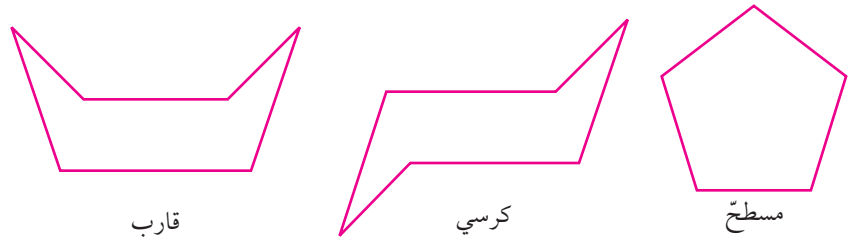
وله شكل رباعي متساوي الأضلاع، ويتوفر هذا المركب في بعض المواد الطبيعية كزيت الصنوبر، وغالباً ما تكون زوايا الربط منه حوالي ٩٠°، وهو بذلك أقل توتراً من السايكلوبروبان وينعكس ذلك على تفاعلاته حيث يكون أقل نشاطاً من السايكلوبروبان .

هل تعلم:

أن السايكلوبيوتان يتوفر في بعض المواد الطبيعية كزيت الصنوبر؟

### السايلكوبنتان (C<sub>5</sub>H<sub>10</sub>) والسايلكوهكسان (C<sub>6</sub>H<sub>12</sub>):

هذه المركبات خالية من التوتر نسبياً، فالسايلكوبنتان مستو تقريباً مع وجود انثناء قليل لتغطية الفرق بين زوايا الهرم الرباعي والزوايا الداخلية (زاوية الشكل الخماسي المنتظم = ١٠٨°). لاحظ الشكل (١١)، أما السايكلوهكسان (١٢٠°) فيوجد على هيتين، وهما: شكل الكرسي (Chair)، وشكل القارب (Boat).



#### هل تعلم:

أن هناك محاذير على استعمال  $CCl_4$  حيث يشك أنه مادة مسرطنة.

### استخدامات بعض الألكانات ومشتقاتها:

بالإضافة إلى استخدام الألكانات كوقود، هناك استخدامات إضافية نذكر منها:

#### ١- غاز الميثان ومن أهم استخداماته:

- أ مادة أولية للحصول على أسود الفحم (carbon black) الذي يستخدم في صناعة حبر المطابع.
- ب تحضير العديد من المركبات الهامة مثل: الكلوروفوم ( $CHCl_3$ ) الذي كان يستخدم على نطاق واسع كمادة منظفة غير قابلة للاشتعال وكما مادة في إطفاء الحرائق، الفورم الدهايد، الميثانول، ويستخدم غاز الميثان في تحضير مئات المركبات العضوية مثل النايلون والبلاستيك.

#### ٢- النفط (Naphtha):

مركبات حلقة من الألكانات المشبعة ومشتقاتها، وحلقتها مكونة من ٣-٦ ذرات كربون، وتستخدم بشكل واسع في أغراض التنظيف الجاف (Dry Cleaning) وصناعة الدهانات.

#### ٣- الزيت المعدني (Mineral Oil):

منتج بترولي يغلي ما بين ٣٣٠ س - ٣٩٠ س. ويستخدم بشكل واسع في إنتاج كريمات التجميل ومصففات الشعر ويستخدم أيضاً كملين للمعدة (Laxative).

#### ٤- زيوت التشحيم (Lubricating Greases):

ويتم الحصول عليها بمعالجة بعض الزيوت البترولية، حيث تستخدم في تخفيف اثر احتكاك اجزاء المحركات.

#### ٥- هلام البترول (Petrolatum):

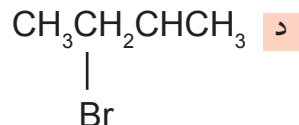
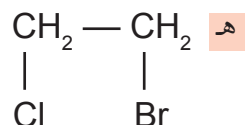
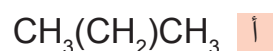
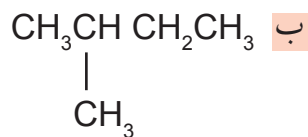
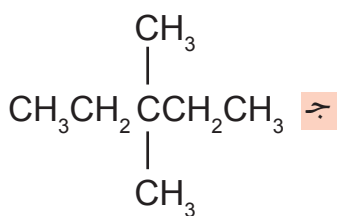
يتكون من هيدروكربونات تحتوي من ١٦ - ٣٢ ذرة كربون، ويستخدم في تحضير المراهم الصيدلانية.

#### ٦- شمع البرافين (Paraffin Wax):

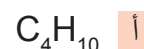
يتكون من الكانات ذات كتلة جزيئية كبيرة، ويستخدم في صناعة شمع الاضاءة، وكما مادة مُصلِّبة في صناعة بعض المراهم وكريمات التجميل وغيرها.

- ١ عرف الآتية :  
الكيمياء العضوية ، الرابطة التشاركية ، والتهجين ، والهيدروكربونات .
- ٢ ما أسباب كثرة مركبات الكربون؟ وما أقسام الهيدروكربونات؟
- ٣ اكتب الصيغ البنائية لجميع المتشاكلات الهيدروكربونية التي لها الصيغ الجزيئية الآتية :  
 $C_6H_{14}$  ،  $C_6H_{12}$  ،  $C_4H_{10}$  ، ثم أذكر إسم كل هيدروكربون طبقاً لنظام الأيوباك .
- ٤ ما الألكان الذي يمكن الحصول عليه من اختزال كل من الآتية :  
2- برومويوتان ، 2- بروموبروبان ، 3- برومو - 3- ميثيل بنتان؟
- ٥ ما الهيدروكربون الذي يمكن الحصول عليه من تفاعل فلز الصوديوم مع كل من :  
أ يوديد الإيثيل . ب يوديد الإيزوبروبيل . ج 1- برومويوتان؟
- ٦ رتب الهيدروكربونات الآتية حسب زيادة درجة غليانها دون الاستعانة بالجداول .  
2- ميثيل هكسان ، ع- هبتان ، 3 ، 3- ثنائي ميثيل بنتان ، ع- هكسان ، 2- ميثيل بنتان .
- ٧ اذكر البنود الرئيسة في نظام أيوباك لتسمية الألكانات موضحاً بأمثلة .
- ٨ ما المقصود بكل من المصطلحات الآتية :  
أ تفاعل فيرتز . ب السلسلة المتجانسة . ج التشاكل؟  
د المجموعات الألكيلية ه تهجين الأفلاك .
- ٩ ارسم الصيغ البنائية للمركبات الآتية :  
أ 3- ميثيل بنتان . ب 2 ، 3- ثنائي ميثيل بيوتان  
ج 3 ، 3- ثنائي ميثيل - 4- إيثيل هكسان . د 2- كلورو - 3- ميثيل بنتان .  
ه 2 ، 2 ، 3- ثلاثي ميثيل بيوتان . و 2 ، 5- ثنائي ميثيل أوكتان .  
ز 2 ، 2 ، 3- ثلاثي - 3- ثنائي إيثيل هكسان .

١٠ أكتب أسماء المركبات الآتية مستعملًا نظام أيوباك :

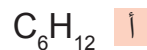
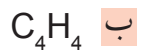
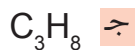


١١ ارسم الصيغ البنائية لمتشاكلات المركبات الآتية ثم سمِّ كلًّا منها :



١٢ اختر الإجابة الصحيحة في كل مما يأتي :

١ الصيغة التي تمثل ألكاناً هي :



٢ الاسم الشائع للمركب  $\text{CH}_3-\text{CH}(\text{CH}_3)-\text{CH}_3$  :

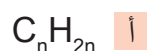
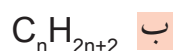
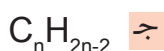
د ايزوبنتان .

ج ايزوبيوتان .

ب 3-ميثيل بيوتان .

أ 2-ميثيل بيوتان .

٣ الصيغة الجزيئية العامة للألكانات :



٤ الألكان الناتج من تفاعل يوديد الإيزوبروبيل مع فلز الصوديوم .

د 2-ميثيل بنتان .

ج بروبان .

ب ع-هكسان .

أ 3، 2-ثنائي ميثيل بيوتان .

٥ الألكان الناتج من تميؤ بروبييل مغنيسيوم بروميد  $\text{C}_3\text{H}_7\text{MgBr}$  :

د لاشيء مما ذكر .

ج ع-بيوتان .

ب ع-هكسان .

أ البروبان .

١٣ باستعمال الصيغ التركيبية ، اكتب معادلات للتفاعلات الآتية وسم الناتج العضوي :

أ معاملة السايكلوبروبان مع حمض الهيدروكلوريك .

ب هلجنة السايكلوهكسان بوساطة كمية محددة من الكلور بوجود ضوء الشمس .

## الفصل الثاني الهيدروكربونات غير المشبعة:

تطرقنا في الفصل الأول إلى الهيدروكربونات المشبعة (الألكانات) التي تكون فيها جميع الروابط بين ذرات الكربون أحادية، أما في هذا الفصل فستعرض إلى الهيدروكربونات غير المشبعة التي تحتوي مركباتها على روابط مضاعفة بين ذرات الكربون سواء أكانت هذه الروابط ثنائية أم ثلاثية، ولهذه المركبات فعالية عالية وميول شديد للمركبات الأخرى وقابلية للاتحاد مع كواشف كثيرة منها: الهالوجينات، الأحماض، وبيرمنغنات البوتاسيوم وغيرها.

### هل تعلم:

أن السمن النباتي زيوت مشبعة وإن زيت الزيتون غير مشبع؟

ويطلق على الهيدروكربونات غير المشبعة والتي تحتوي على روابط ثنائية بين ذرات الكربون بالألكينات أو ما يسمى بالأوليفينات (Olefins) وتلك التي تحتوي على روابط ثلاثية بين ذرات الكربون بالألكاينات أو ما يسمى بالأستيلينات (Acetylenes)، فما هذه المركبات؟ ولماذا سميت بالمركبات غير المشبعة؟ وما خصائصها؟

هذه الأسئلة، وأخرى غيرها ستمكن من الإجابة عنها بعد دراستك لهذا الفصل، وستكون قادراً على أن:

- ١ تتعرف الصيغة العامة للألكينات .
- ٢ تتعرف الرابطة الثنائية وتقارنها مع الرابطة الأحادية .
- ٣ تسمي بعض الألكينات ومتشاكلاتها .
- ٤ تتعرف الخصائص الفيزيائية للألكينات .
- ٥ تتعرف طرق تحضير الألكينات وتفاعلاتها .
- ٦ تتعرف الصيغة العامة للألكاينات .
- ٧ تسمي بعض الألكاينات .
- ٨ تتعرف الخصائص الفيزيائية للألكاينات .
- ٩ تتعرف طرق تحضير الألكاينات وتفاعلاتها .

## ١-٢ الألكينات (الهيدروكربونات الأوليفينية):

تمتاز الألكينات بوجود رابطة ثنائية (مزدوجة) بين ذرتي كربون متتاليتين، وهذا ما يميزها عن الهيدروكربونات المشبعة (الألكانات) ونظراً لوجود هذه الرابطة فإن هذه المركبات تكون أكثر نشاطاً من المركبات المشبعة. وتعتمد دراسة كيمياء الألكينات على النشاط الكيميائي المميز للرابطة المزدوجة وعلى التشاكل الهندسي الناتج عن هذه الرابطة.

### الرابطة الثنائية:

عندما تشترك ذرة الكربون في تكوين رابطة ثنائية ( $\pi + \sigma$ )، حيث تكون متصلة بثلاثة ذرات كربون ويكون تهجينها من نوع ( $sp^2$ ) الذي سبق ذكره، وتكون الروابط حول ذرة الكربون، كما يأتي:

#### هل تعلم:

أنه خلال هدرجة الزيوت غير المشبعة تتحول هذه الزيوت إلى السمن النباتي؟ وإذا ما عولج هذا السمن ببودرة الحليب فإنه يكون المارغارين (الزبدة الصناعية)؟

#### نشاط:

استخدم نماذج الذرات في تكوين جزيء الإيثيلين مع توضيح عدم قدرة الذرات على الدوران.

١ يتداخل فلكان من أفلاك ( $sp^2$ ) مكونين رابطة ( $\sigma$ ) بين ذرتي

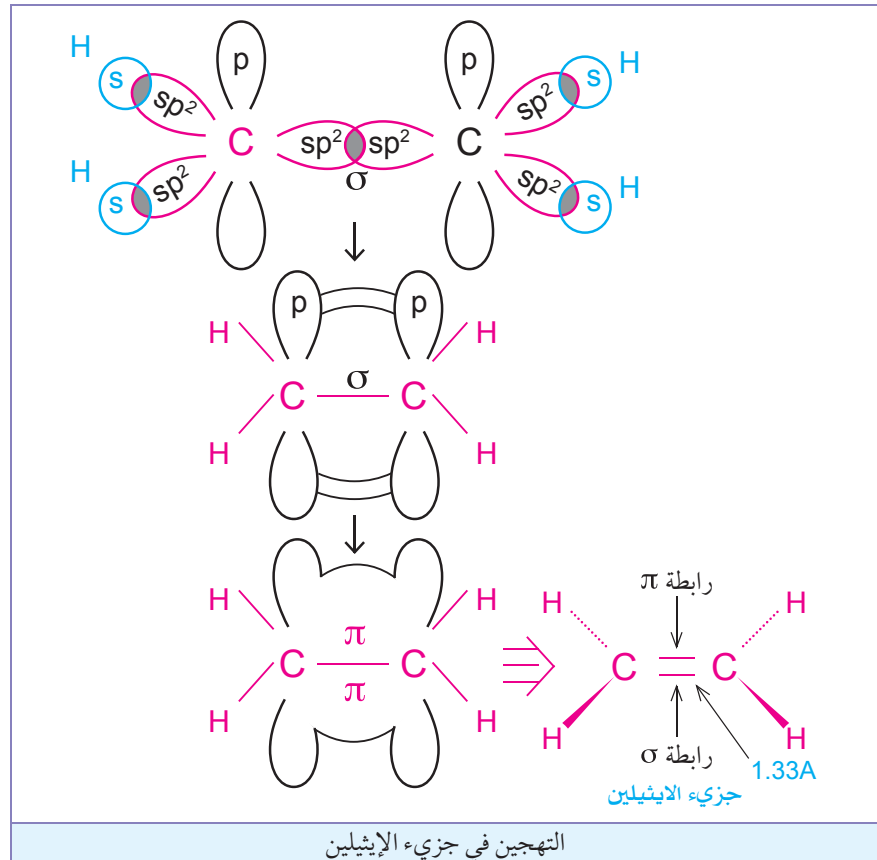
الكربون، كما هو الحال في روابط الكربون الأحادية.

٢ يتداخل فلك  $p$  غير المستعمل في ذرة الكربون مع فلك  $p$  مشابه

وموجود على ذرة الكربون الأخرى ليكونا رابطة ثانية تدعى رابطة ( $\pi$ )

تحتوي على إلكترونين أيضاً وبذلك تكون إلكترونات ( $\pi$ ) فوق وتحت

المستوى الذي يحوي رابطة ( $\sigma$ ) كما توضحه الرسومات الآتية:



### هل تعلم:

- \* أن غاز الإيثيلين يستعمل في تحضير سائل إيثيلين جلايكول ( $\text{HOCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ ) وهو سائل مضاد للتجمد ويستعمل في تحضير مبهلمات الإستراد الداخلة في صناعة الاقمشة؟
- \* أن التكسير الحراري عبارة عن تحويل المادة التي تحتوي على سلاسل طويلة من ذرات الكربون إلى سلاسل صغيرة بوساطة الحرارة والضغط؟

ولا بد من تذكر أن الرابطة الثنائية بين ذرتي الكربون أقوى وأقصر من الرابطة الأحادية بينهما، وكذلك فإن رابطة ( $\sigma$ ) أقوى من رابطة ( $\pi$ ). كما ان وجود رابطة ( $\pi$ ) تمنع حرية الدوران حول محور الرابطة بين ذرتي الكربون كما هو موضح في الرسومات السابقة.

ويعدّ الإيثيلين ( $\text{C}_2\text{H}_4$ ) أبسط أفراد عائلة الألكينات وهو غاز غير مشبع ينتج بكميات كبيرة من التكسير الحراري للبترول.

وأكثر الطرق شيوعاً المتبعة لتحضيره مخبرياً تكون بنزع جزيء واحد من الماء من جزيء الإيثانول، ويكون جزيء الإيثيلين الناتج مسطحاً مستوياً تقع جميع ذراته في مستوى واحد وذلك نتيجة لوجود أفلاك  $\text{sp}^2$  المهجنة.

## تسمية الألكينات:

الصيغة العامة للألكينات غير الحلقية هي  $\text{C}_n\text{H}_{2n}$ ، ولأفراد الألكينات أسماء شائعة تتضمن جذوراً مشتقة من اسم الألكان الذي يحتوي على نفس العدد من ذرات الكربون بحيث يستبدل المقطع (آن) في نهاية الألكان بالمقطع (يلين)، كما هو موضح في الجدول الآتي:

جدول (١): الأسماء الشائعة للألكينات الأربعة الأولى:

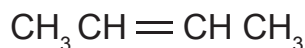
عدد ذرات الكربون	الألكين	الشكل
٢	إيثيلين	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$
٣	بروبيلين	$\text{CH}_2 = \text{CH CH}_3$
٤	بيوتيلين	$\text{CH}_2 = \text{CH CH}_2 \text{CH}_3$
	إيزوبيوتيلين	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_3 - \text{C} = \text{CH}_2 \end{array}$

وكذلك تطبق قواعد نظام إيوباك (IUPAC) للتسمية على الألكينات مع بعض التغيرات لتشير إلى الرابطة الثنائية كما يأتي:

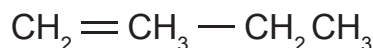
- ١ الاسم العام للمركبات غير المشبعة المحتوية على رابطة ثنائية واحدة هو **الكين**.
- ٢ يضاف مقطع (ين) بدلاً من المقطع (آن) للجذور المشتقة من الألكان المقابل.

٣ تختار أطول سلسلة محتوية على الرابطة الثنائية ونبدأ بالترقيم من الطرف الأقرب إلى تلك الرابطة .

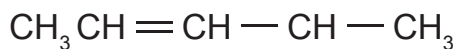
٤ نشير إلى موقع الرابطة الثنائية في الألكين برقم يسبق اسم الألكين كما هو موضح في الأمثلة الآتية :



2- بيوتين

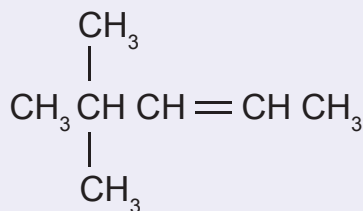


1- بيوتين

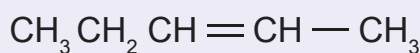


4 - ميثيل - 2 - بنتين

سؤال: سمّ المركبات الآتية :



٢



١

## التشاكل في الألكينات (مع-ضد) Cis-Trans-Isomersim

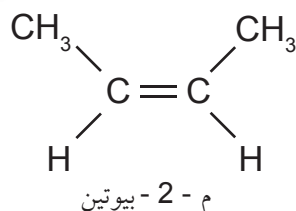
نتيجة للإعاقة الدورانية حول الرابطة الثنائية بين ذرتي الكربون تظهر ما تسمى بظاهرة التشاكل الهندسي ، وهي تعنى بالمواقع النسبية الفراغية للذرات أو المجموعات المرتبطة بذرتي الكربون ، وتنشأ هذه الظاهرة عندما تكون الذرتان أو المجموعتان المتصلتان بكل من ذرتي الكربون في الرابطة الثنائية مختلفتين .

هل تعلم:

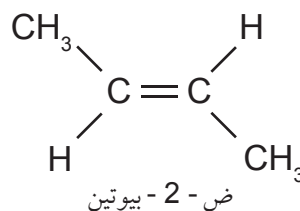
أنه في الغالب تكون درجة إنصهار (م - 2 - بيوتين) أقل من درجة انصهار (ض - 2 - بيوتين) نظراً لفعالية ترتيبها في البلورة .

ويمكن التمييز بين المتشاكلات الهندسية باستخدام الحرف م (وتعني مع) ، أو الحرف ض (وتعني ضد) ، فعندما تكون المجموعتان المتصلتان بذرتي الكربون بنفس الاتجاه الفراغي يرمز للمتشاكلية بالحرف (م) ، أما إذا كانتا في اتجاهين فراغيين متبادلين فيرمز للمتشاكلية بالحرف (ض) . أي أن المتشاكلات الهندسية تختلف فقط بالاتجاه ، والأمثلة الآتية توضح ذلك :

أمثلة:



م - 2 - بيوتين



ض - 2 - بيوتين

وهنا لا بد من الإشارة إلى أن المتشاكلات الهندسية غالباً ما تختلف في صفاتها الفيزيائية وكذلك سلوكها العام .



## الخواص الفيزيائية للألكينات:

**أ الذوبان:** لا تذوب الألكينات في الماء، ولكنها تذوب في المذيبات غير القطبية، مثل: البنزين، الإيثير، والكلوروفورم.

**ب الكثافة:** الألكينات عموماً لها كثافة أقل من كثافة الماء.

**ج درجة الغليان:** تزداد درجة غليان الألكينات مع زيادة عدد ذرات الكربون، كذلك فإن التشعب يقلل من درجة الغليان.

هل تعلم:

أن سبب زيادة درجة غليان (م-2- بيوتين) عن (ض-2- بيوتين) يعود لارتفاع قطبيته؟

والجدول الآتي يبين ملخصاً لبعض الخواص الفيزيائية لمجموعة مختارة من الألكينات.

جدول (٢): الصيغ الجزيئية والثوابت الفيزيائية لبعض الألكينات:

عدد ذرات الكربون	الاسم	الصيغة	درجة الانصهار (س)	درجة الغليان (س)
٢	إيثين	$\text{CH}_2 = \text{CH}_2$	١٦٩-	١٠٢-
٣	بروبين	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_3$	١٨٥-	٤٨-
٤	١- بيوتين	$\text{CH}_2 = \text{CH} - \text{CH}_2\text{CH}_3$	١٩٥-	٦،٥-
٤	م-٢- بيوتين	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \quad \text{CH}_3 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \quad \text{H} \end{array}$	١٣٩-	٤+
٤	ض-٢- بيوتين	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \quad \text{CH}_3 \end{array}$	١٠٦-	١+
٥	١- بنتين	$\text{CH}_2 = \text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	١٣٨-	٣٠
٥	م-٢- بنتين	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \quad \text{CH}_2\text{CH}_3 \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \quad \text{H} \end{array}$	١٥١-	٣٧

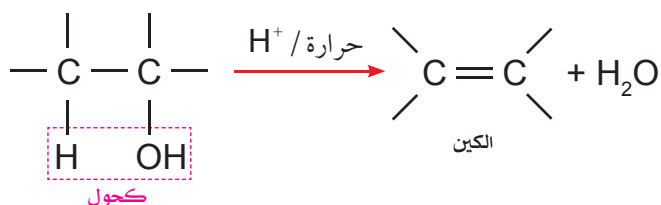
عدد ذرات الكربون	الاسم	الصيغة	درجة الانصهار (س)	درجة الغليان (س)
٥	ض-٢- بنتين	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \quad \text{H} \\ \diagdown \quad \diagup \\ \text{C} = \text{C} \\ \diagup \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{CH}_2\text{CH}_3 \end{array}$		٣٦
٥	٢- ميثيل-١- بيوتين	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\   \\ \text{CH}_2 = \text{C} - \text{CH}_3 \end{array}$	١٣٥-	٢٥
٦	١- هكسين	$\text{CH}_2 = \text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	١٤١-	٦٤
٧	١- هبتين	$\text{CH}_2 = \text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	١٢٠-	٩٣
٨	١- أوكتين	$\text{CH}_2 = \text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	١٠٤-	١٢٣
٩	١- نونين	$\text{CH}_2 = \text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	٨٨-	١٤٥
١٠	١- ديكين	$\text{CH}_2 = \text{CHCH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$	٨٧-	١٧٣

## طرق تحضير الألكينات:

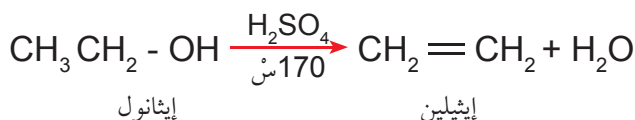
يمكن تحضير الألكينات بطرق مختلفة نذكر منها:

### ١- نزع الماء من الكحولات:

يمكن تحويل الكحول إلى الكين عن طريق نزع جزيء ماء من الكحول في وسط حمضي بوجود الحرارة كما في المعادلة العامة الآتية:



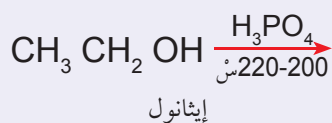
فمثلاً يمكن تحضير الإيثيلين من جزيء الإيثانول كما هو مبين في المعادلة الآتية:



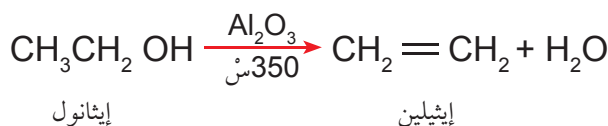
هل تعلم:

أنه نظراً لرخص ثمن الكحولات فإنها تستخدم كمادة أولية في تحضير أنواع كثيرة من الألكينات؟

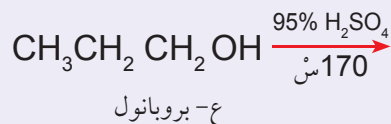
سؤال: أكمل المعادلة الآتية :



كذلك يمكن نزع جزيء ماء من الكحول بإمرار بخار الكحول على سطح عامل مساعد مثل أكسيد الألمنيوم  $\text{Al}_2\text{O}_3$  وعلى درجة حرارة 350°س .

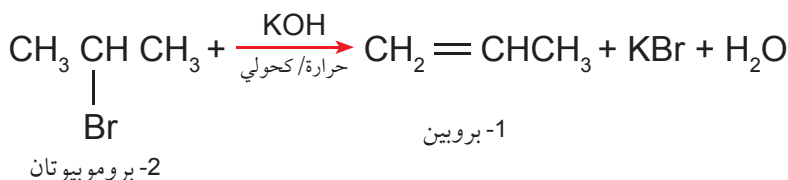


سؤال: أكمل المعادلة الآتية :



## ٢- نزع هاليد الهيدروجين من هاليد الألكيل:

حيث يتم فقدان ذرة الهالوجين وذرة هيدروجين من ذرتي كربون متجاورتين في وسط كحولي ووجود قاعدة قوية . فمثلاً عند تسخين 2 - بروموبروبان مع هيدروكسيد البوتاسيوم المركز في وسط كحولي ينتج البروبين ، كما هو مبين في المعادلة الآتية :



وعند تسخين 1 - بروموبوتان مع هيدروكسيد البوتاسيوم المركز في وسط كحولي ، ينتج 1 - بيوتين .

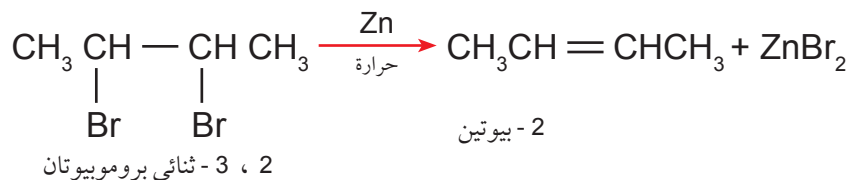


هل تعلم:

أن هاليدات الألكيل تستعمل كمادة أولية رئيسة في الكيمياء العضوية التحضيرية؟

### ٣- نزع الهالوجينات من ثنائي هاليد الألكيل المتجاور (Vicinal Dihalides):

ويتم ذلك بتسخين ثنائي الهاليد بوجود الخارصين في حمض الاستيك ، كما تبينه المعادلة الآتية :



من الاستعمالات المعروفة لغاز الإيثيلين في كثير من البلدان هو إنضاج الموز حيث توضع الثمار الفجة في جو من الغاز في حجرة مغلقة .

### تفاعلات الألكينات:

إن وجود الرابطة الثنائية في الألكين يجعله أكثر نشاطاً في تفاعلاته من الألكان المقابل ومن أشهر تفاعلات الألكينات :

#### أولاً- الاحتراق:

الألكينات مركبات قابلة للاشتعال وتحترق في الهواء كما في المعادلات الآتية :



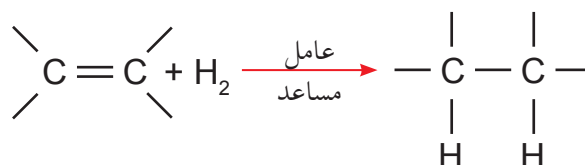
ومن الأمثلة عليها احتراق غاز الإيثيلين :



#### ثانياً- الإضافة:

ونعني بالإضافة هنا إضافة جزيء مثل غاز الهيدروجين أو الكلور إلى الرابطة الثنائية بهدف تحويلها إلى رابطة أحادية ، ومن أهم تفاعلات الإضافة :

#### ١- إضافة الهيدروجين (الهدرجة) بوجود عامل مساعد:



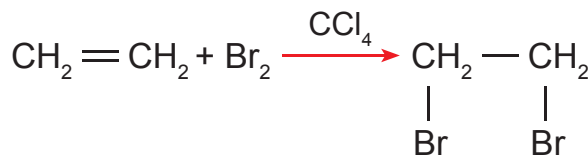
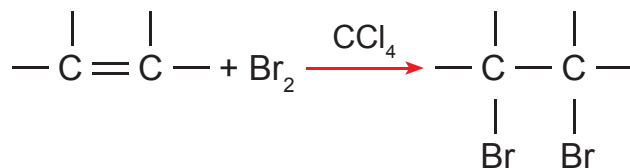
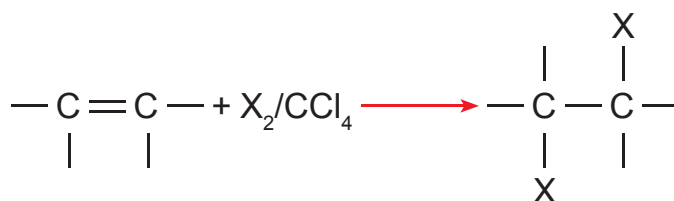
هل تعلم:

أن الهدرجة غير المتجانسة أفضل من الهدرجة المتجانسة، لأنها تعطي مردوداً أعلى وتفاعلاً أسرع؟

وتصنف تفاعلات الهدرجة إلى **متجانسة** و**غير متجانسة** حسب كون العامل المساعد ذائباً في وسط التفاعل أم لا. ومن أشهر العوامل المساعدة المستخدمة في الهدرجة المتجانسة عامل ولكنسون الذي هو عبارة عن مركب عضوي لأحد العناصر الانتقالية مثل الروديوم مذائباً في أحد المذيبات العضوية مثل الكحول أو الألكانات. أما في الهدرجة غير المتجانسة فنستخدم عوامل مساعدة مثل بودره البلاتين غير الذائبة في وسط التفاعل. ولكل من الهدرجة المتجانسة وغير المتجانسة حسنتها حسب التفاعل المطلوب إجراؤه.

## ٢ إضافة الهالوجينات (الهجنة) (X<sub>2</sub>):

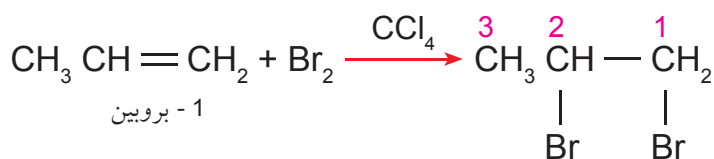
حيث يتم إضافة ذرتي الهالوجين إلى الرابطة الثنائية بشكل متعكس:



1 ، 2 - ثنائي بروموايثان

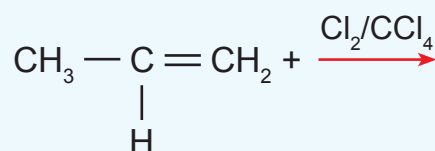
هل تعلم:

أن مختبرات التحليل الغذائي تستخدم إضافة البروم إلى زيت الزيتون لكشف الغش كأحد الفحوصات المتبعة؟



1 ، 2 - ثنائي بروموايثان

**سؤال:** أكمل المعادلة الآتية وسمّ المركب الناتج:



ومن الجدير ذكره أن إضافة البروم يستخدم للكشف عن المركبات العضوية غير المشبعة حيث يستفاد من اختفاء لون البروم كدليل على وجود الرابطة الثنائية.

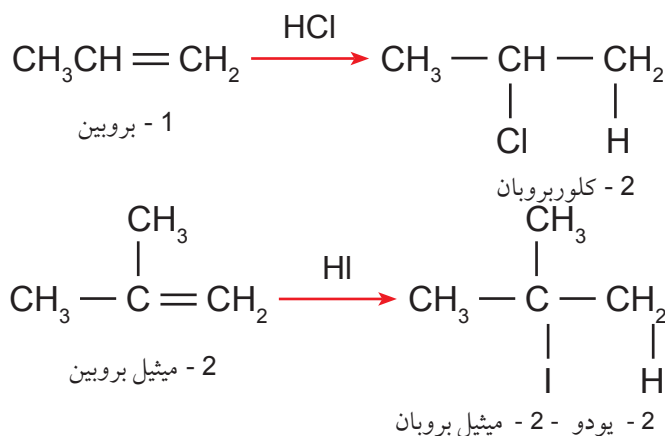
### ٣ إضافة هاليدات الهيدروجين (HX):

وفي هذا التفاعل يتم إضافة هاليد الهيدروجين (HCl, HBr, HI) إلى الرابطة الثنائية فيتحول الألكين إلى هاليد الألكيل وهو مادة مهمة في الصناعة.

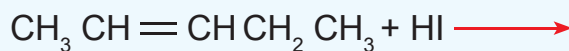
ويجري هذا التفاعل بضخ غاز هاليد الهيدروجين مباشرة في محلول الألكين المذاب في حمض الأسيتيك. ويكون ناتج التفاعل حسب قاعدة ماركوفنكوف (Markovnikov's Rule) والتي تنص على أنه:

**«عند إضافة حمض إلى رابطة ثنائية في مركب الكيني فإن ذرة الهيدروجين القادمة من الحمض ترتبط بذرة الكربون التي تحمل أكبر عدد من ذرات الهيدروجين».**

ومن الأمثلة على إضافة هاليد الهيدروجين إلى الرابطة الثنائية:



**سؤال:** أين يرتبط هيدروجين الحمض في حال تساوي عدد ذرات الهيدروجين على ذرتي الكربون في الرابطة الثنائية؟ أكمل المعادلة الآتية بناءً على إجابتك.



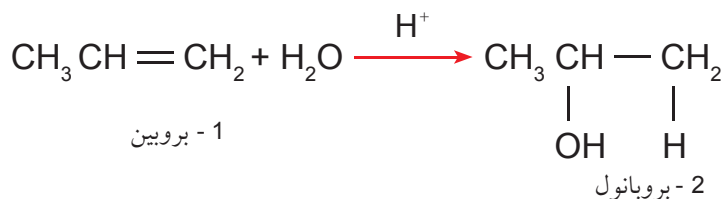
2 - بنين

هل تعلم:

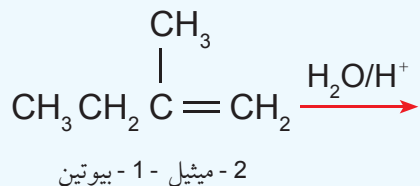
ان حمض  $\text{H}_2\text{SO}_4$  المركز يستخدم لتنقية الألكانات من الهيدروكربونات غير المشبعة؟

#### ٤ إضافة الماء:

يتفاعل الألكين مع الماء الحمضي مكوناً الكحول المقابل حيث تتبع هذه العملية قاعدة ماركونفكوف:



**سؤال:** أكمل التفاعل الآتي:



## ٢-٢ الألكاينات (الأستيلينات) ( $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$ )

تتميز الألكاينات بوجود رابطة ثلاثية بين ذرتي كربون متجاورتين مما يجعلها شديدة التفاعل مع معظم الكواشف التي تضاف إلى المركبات غير المشبعة.

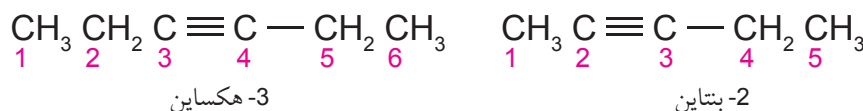
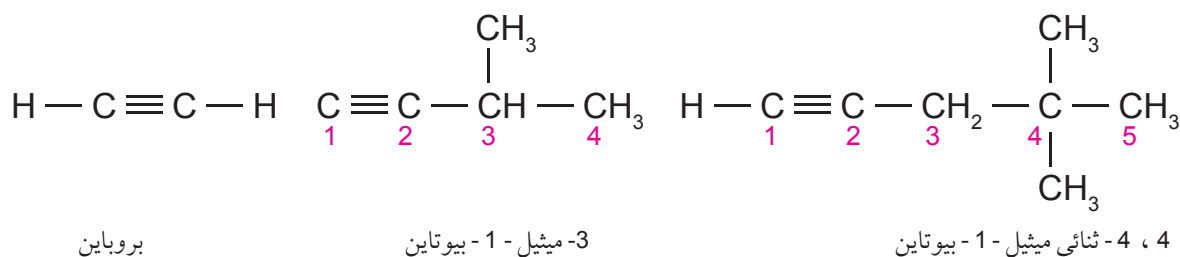
الأستيلين مركب خطي وهو أبسط أفراد سلسلة الألكاينات حيث يتكون من ذرتي كربون وذرتي هيدروجين ويمكن وصف الرابطة الثلاثية في الأستيلين كما يأتي:

بما أن المدار الخارجي لذرة الكربون يحتوي على فلك  $2s$  وثلاثة أفلاك  $2p$  ( $p_x, p_y, p_z$ ) فإن ذرة الكربون تعتمد إلى خلط فلك  $2s$  مع فلك واحد من أفلاك  $2p$  (باتجاه محور الرابطة) لتكون

فلكين مهجين من نوع sp تستخدمها ذرة الكربون لتكوين روابط ( $\sigma$ ) مع ذرة الكربون الأخرى وذرة الهيدروجين المتصلة بها. ولأن الرابطة الثلاثية بين ذرتي الكربون في الألكينات تتكون من رابطة ( $\sigma$ ) واحدة ورايطتي ( $\pi$ ) فإن روابط ( $\pi$ ) المطلوبة تنشأ من تداخل أفلاك p غير المستخدمة في التهجين والمتعامدة مع محور رابطة ( $\sigma$ ) بين ذرتي الكربون كما هو موضح في الشكل صفحة (٩، ١٠).

## تسمية الألكينات:

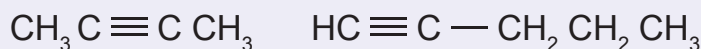
بما أن الهيدروكربونات التي تحتوي على رابطة ثلاثية تدعى بالأستيلينات أو الألكينات، فإن نظام أيوباك في تسمية مركبات الألكينات مشابه لتسمية الألكينات مع الاختلاف في نهاية الاسم حيث يستخدم المقطع (اين : yne) بدلاً من المقطع (ين : ene) في الألكين المقابل، وكما هو الحال في الألكينات فإنه يشار إلى موقع الرابطة الثلاثية بالأرقام ابتداء من الطرف الأقرب من الرابطة الثلاثية ومن الأمثلة على ذلك :



### هل تعلم:

ان الاسم الشائع لـ  $\text{C}_2\text{H}_2$  هو الأستيلين والاسم الشائع لـ 1-بيوتين هو إيثيل أستيلين؟

### سؤال: سمّ المركبات الآتية :





## الخواص الفيزيائية للألكينات:

**أ الذاتية:** لا تذوب الألكينات في الماء ولكنها تذوب في المذيبات العضوية، مثل: الإيثر والبنزين ورابع كلوريد الكربون.

**ب الكثافة:** جميع الألكينات لها كثافة أقل من الماء.

**ج الحالة الفيزيائية:** الأفراد الأولى: الإيثان والبروبان و 1-بيوتان عبارة عن غازات عند درجة حرارة الغرفة وتحت الضغط الجوي العادي، لكن 2-بيوتان وبقيّة السلسلة فهي سوائل.

**د درجات الغليان:** تتقارب قيم درجات غليان الألكينات مع مثيلاتها من الألكانات والألكينات التي لها نفس التركيب البنائي والصيغة الجزيئية وتزداد درجة غليان الألكين مع زيادة عدد ذرات الكربون في السلسلة كما أن التفرع يقلل من هذه الدرجة. والجدول الآتي يبين درجات الانصهار والغليان لبعض الألكينات.

جدول (٣): درجة الانصهار ودرجة الغليان لبعض أفراد الألكينات ( $C_2-C_{10}$ ):

الاسم	الصيغة الجزيئية	الصيغة البنائية	درجة الانصهار (س°)	درجة الغليان (س°)
إيثان	$C_2H_2$	$CH \equiv CH$	-٨٢	-٧٥
بروبان	$C_3H_4$	$CH_3 C \equiv CH$	-١٠٤, ٧	-٢٧, ٥
١-بيوتان	$C_4H_6$	$CH_3 CH_2 C \equiv CH$	-١٣٠	٩
٢-بيوتان	$C_4H_6$	$CH_3 C \equiv C CH_3$	-٢٤	٢٧
١-بنتان	$C_5H_8$	$HC \equiv C CH_2 CH_2 CH_3$	-٩٨	٤٠
٢-بنتان	$C_5H_8$	$CH_3 C \equiv C CH_2 CH_3$	-١٠١	٥٥
٣-ميثيل-بيوتان	$C_5H_8$	$\begin{array}{c} CH_3 \\   \\ CH \equiv C CH - CH_3 \end{array}$		٢٩
١-هكسان	$C_6H_{10}$	$CH \equiv C CH_2 CH_2 CH_2 CH_3$	-١٢٤	٧٢
٢-هكسان	$C_6H_{10}$	$CH_3 C \equiv C CH_2 CH_2 CH_3$	-٥١	٨١
١-هبتان	$C_7H_{12}$	$CH \equiv C CH_2 CH_2 CH_2 CH_2 CH_3$	-٨٠	١٠٠
٢-أوكتان	$C_8H_{14}$	$CH_3 C \equiv C CH_2 CH_2 CH_2 CH_2 CH_3$	-٧٠	١٢٦
١-نونان	$C_9H_{16}$	$CH \equiv C CH_2 CH_2 CH_2 CH_2 CH_2 CH_2 CH_3$	-٦٥	١٥١
١-ديكان	$C_{10}H_{18}$	$CH \equiv C CH_2 CH_2 CH_2 CH_2 CH_2 CH_2 CH_2 CH_3$	-٣٦	١٨٢

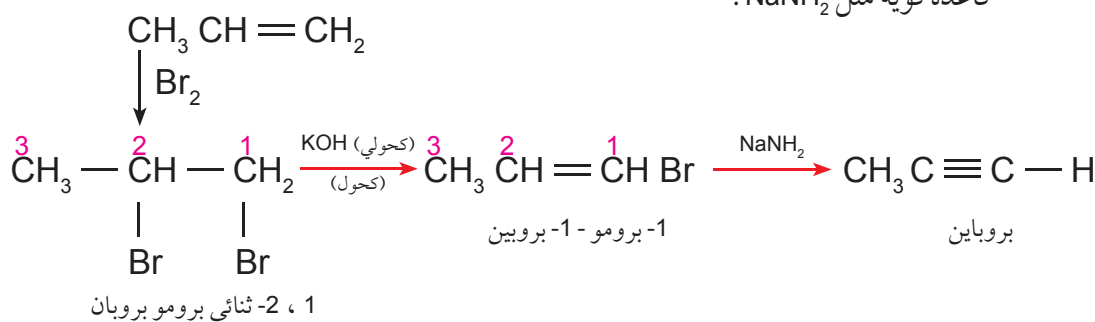
هل تعلم:  
ان درجة غليان  
1-بيوتان = 9س°؟

## تحضير الألكينات:

تحضر الألكينات إما بإنشاء رابطة ثلاثية في جزيء هيدروكربون أو زيادة حجم جزيء يحتوي على رابطة ثلاثية، ومن أشهر طرق تحضيرها:

### ١ نزع جزيئي HX في وسط كحولي يحتوي على قاعدة قوية وبوجود حرارة:

أ نزع جزيئي HX من ثنائي هاليد الألكيل المتجاورة (Vicinal Dihalides) في وسط كحولي يحتوي على قاعدة قوية مثل  $\text{NaNH}_2$ :

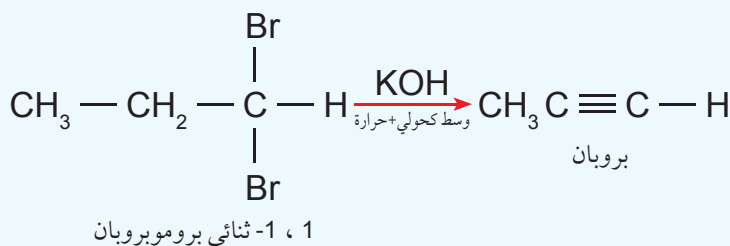


هل تعلم:

أن الألكان الذي يحتوي على كربون تحمل ذرتي هالوجين يسمى ثنائي الهاليد التوأمي؟

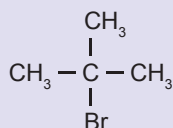
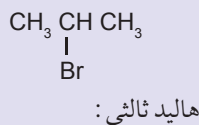
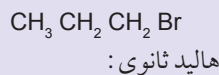
ب نزع جزيئي HX من ثنائي هاليد الألكيل التوأمية (Geminal Dihalides) عند تسخين الألكانات ثنائية الهاليد التوأمية مع هيدروكسيد البوتاسيوم في وسط كحولي فإنها تنتج الألكاين:

مثال:

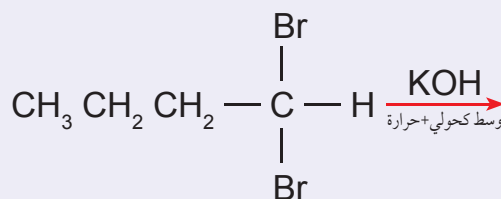


هل تعلم:

أن هاليد الألكيل يقسم إلى ثلاثة أنواع حسب موضع ذرة الكربون المرتبطة بها ذرة الهالوجين:  
هاليد أولي:  
هاليد ثانوي:  
هاليد ثالثي:



سؤال: أكمل المعادلة الآتية:



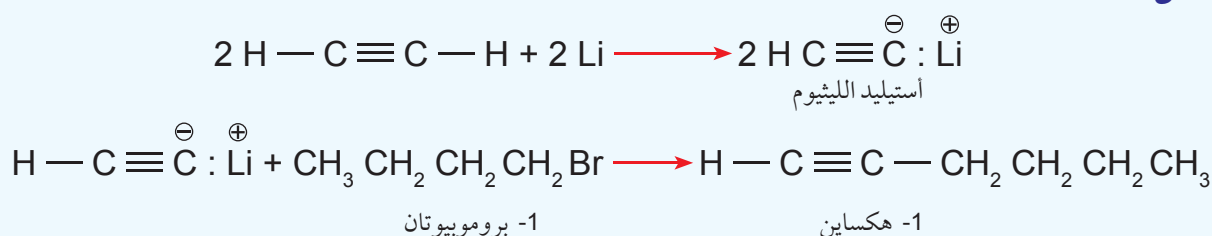
## ٢ تفاعل الأستيليدات الفلزية مع هاليد الألكيل الأولية:

هل تعلم:

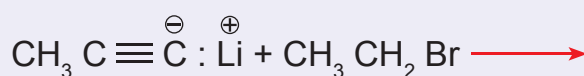
أن الملح الذي شقّه  
السالب مكون من:  $C_2H^{\ominus}$   
يسمى ملح استيليد؟

حيث يتم تحويل ألكاين بسيط إلى ألكاين أطول وذلك باستخدام  
الأستيليدات الفلزية:

مثال:



سؤال: أكمل المعادلة الآتية:



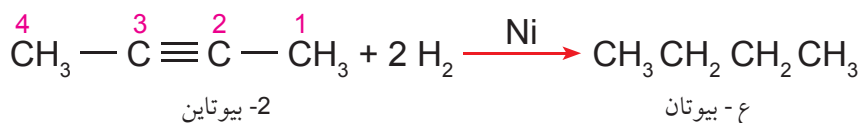
## تفاعلات الألكاينات:

### أولاً: الإضافة:

يمكن القول بشكل عام: إن تفاعلات الإضافة إلى الألكاينات تشبه مثيلاتها من الألكينات كما يأتي:

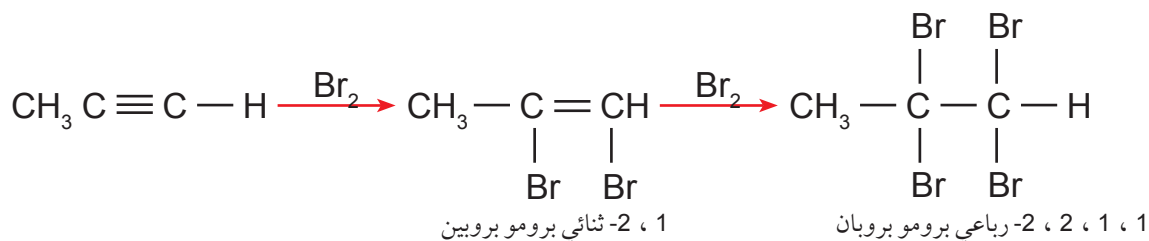
### ١ إضافة الهيدروجين (الهدرجة):

تختزل الألكاينات إلى مرحلة الرابطة الثنائية (الألكينات) حيث يعتمد الناتج على ظروف التفاعل والعوامل المساعدة المستعملة كما هو موضح بالتفاعلات الآتية:

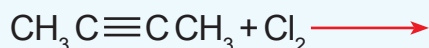


## ٢ إضافة الهالوجينات (الهجنة):

عند إضافة الهالوجين إلى الألكاين ينتج ثنائي الهاليد المتجاور إذا كان تركيز الهالوجين المستخدم في التفاعل منخفضاً. أما إذا كان تركيز الهالوجين مرتفعاً، فإن التفاعل يستمر لتكوين الهاليد الرباعي:

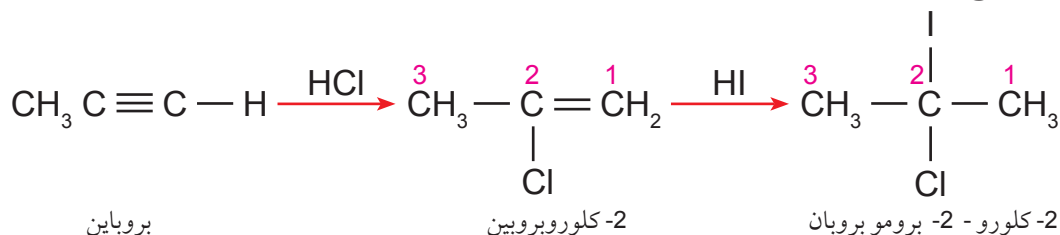


**سؤال:** أكمل المعادلة الآتية:



## ٣ إضافة هاليدات الهيدروجين:

تتفاعل الألكاينات مع هاليدات الهيدروجين حيث تتم إضافة جزئين من هاليد الألكيل إلى الرابطة الثلاثية ويكون الناتج حسب قاعدة ماركوفنكوف:



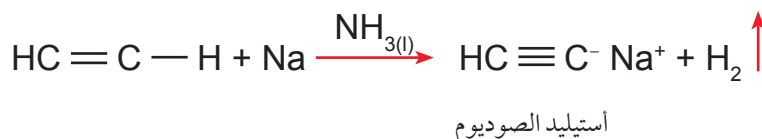
## ثانياً: تكوين الأستيليدات

تعدّ ذرة الهيدروجين المتصلة بذرة الكربون المكون للرابطة الثلاثية ذات صفات حمضية ضعيفة. ولذلك فإن الألكاينات قادرة على التفاعل مع كثير من الفلزات لتكوين أملاح، وعليه تسمى **الأستيليدات الفلزية**. ويتم ذلك بتمرير الألكاين في محلول نشادري لملاح فلزي مثل كلوريد النحاس (I) أو نيترات الفضة/ النشادر:

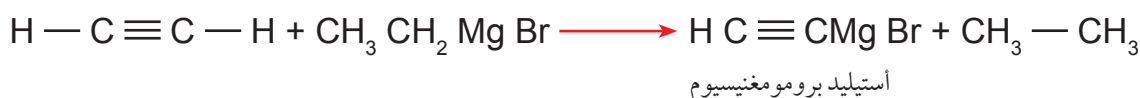




وبتدقيق النظر في جزيء الأسيتيلين فإننا نلاحظ أنه يحتوي على ذرتي هيدروجين حمضيتين، ولذا فإنه يتفاعل مع فلزات المجموعة الأولى، مثل الصوديوم والليثيوم مكوناً الأستيليد حيث يتصاعد غاز الهيدروجين كما هو مبين في المعادلة الآتية:



كما يتفاعل الأسيتيلين مع كواشف جرينيار:



### ثالثاً: الاحتراق

يحترق الأسيتيلين بوجود غاز الأكسجين لينتج لهباً له درجة حرارة مرتفعة جداً تستخدم في قص ولحام المعادن.



وتستخدم الألكينات في تطبيقات مهمة في حياتنا، فمثلاً بالإضافة إلى كون غاز الأسيتيلين وقوداً فإنه يستخدم في لحام الأكسجين وخاصة في محلات تجليس ودهان السيارات، كما يعدّ مادة أولية مهمة في تحضير مركبات كيميائية مختلفة. ومن الاستعمالات المعروفة لغاز الأسيتيلين في كثير من البلدان هو إنضاج الموز حيث توضع الثمار الفجة في جوّ من الغاز في حجرة مغلقة. وحديثاً يستخدم مبلمر الاسيتيلين لإنتاج مواد موصلة للكهرباء من المنتظر أن تكون بديلاً للمعادن في إيصال الحرارة والكهرباء في المستقبل.

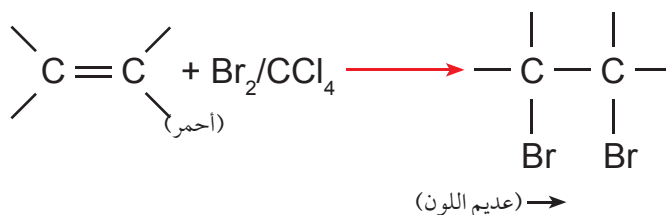
## طرق التمييز بين الهيدروكربونات المشبعة وغير المشبعة:

### ١ إضافة البروم ( $\text{Br}_2 / \text{CCl}_4$ ):

هل تعلم:

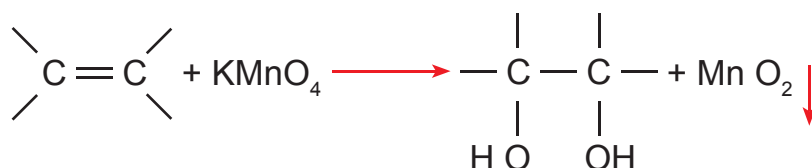
أن المبلمرات تدخل في معظم حياتنا اليومية، مثل: المسكن والملبس واواني الطعام وغيرها.

تتفاعل الهيدروكربونات غير المشبعة مع البروم بسهولة وسرعة، لذلك عند معالجة محلول الألكين أو الألكاين بمحلول البروم في رابع كلوريد الكربون فإن زوال لون البروم الأحمر بسرعة هو دليل على وجود الهيدروكربونات غير المشبعة. في حين لا يزول لون البروم في حالة الهيدروكربونات المشبعة.



### ٢ برمنغنات البوتاسيوم ( $\text{KMnO}_4$ ):

تستخدم برمنغنات البوتاسيوم القاعدية، كاشفاً عاماً لإثبات وجود الهيدروكربونات غير المشبعة حيث يعتبر تكون راسب بني من أكسيد المنغنيز دليلاً على وجودها بينما لا يزول لون برمنغنات البوتاسيوم في وجود الهيدروكربونات المشبعة، كما هو مبين في المعادلة الآتية:



### نشاط: التمييز بين هكسان و 1- هكسين باستخدام برمنغنات البوتاسيوم

**المواد والأدوات:** هكسان ، 1- هكسين، أنابيب اختبار، برمنغنات البوتاسيوم، محلول KOH

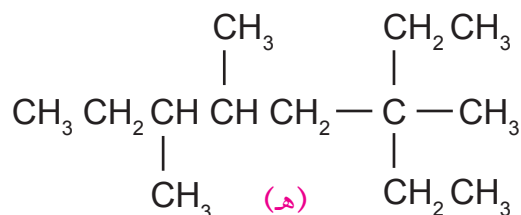
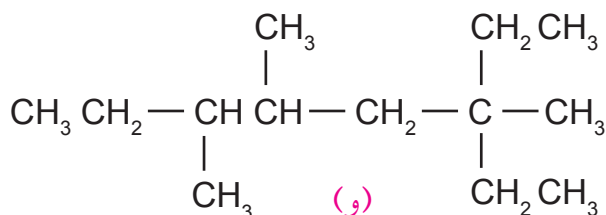
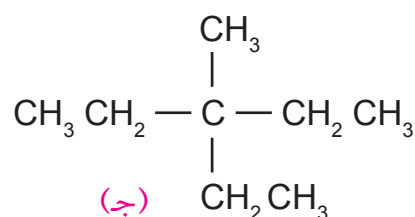
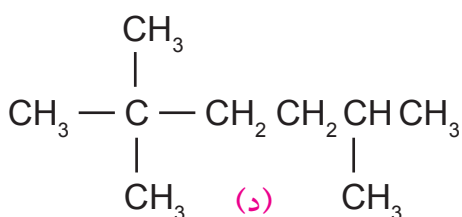
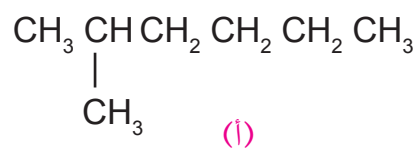
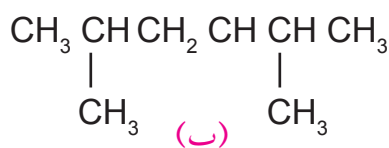
**خطوات العمل:** ضع قليلاً من الهكسان في أنبوب اختبار، وقليلًا من 1- هكسين في أنبوب اختبار آخر ورقمها، ثم أضف قطرتين من محلول KOH لكل أنبوب، ثم أضف قطرتين من محلول البرمنغنات لكل أنبوب كذلك، سجّل ملاحظاتك.

- ١ اكتب جميع الصيغ البنائية لمتشاكلات الألكين التي تحتوي على خمس ذرات كربون وسمّ كلّاً منها حسب نظام أيوباك .
- ٢ اكتب المعادلات التي توضح استخدام البروين في تحضير كل من الآتية :  
2- بروموبروبان ، 2- بروبانول ، 1 ، 2 - ثنائي بروموبروبان ، بروبان .
- ٣ اكتب المعادلات التي توضح الحصول على البروين من :  
1 - بروبانول ، 1 - بروموبروبان ، 1 ، 2 - ثنائي بروموبروبان ، 2 - كلورو بروبان .
- ٤ ما المقصود بقاعدة ماركونكوف؟ ما الناتج المتوقع من تفاعل HBr حسب قاعدة ماركونكوف مع المركبات الآتية؟  
إيثيلين ، 1 - بيوتين ، 2 - بيوتين ، 3 ، 2 - ثنائي ميثيل - 2 - بيوتين .
- ٥ وضح بالمعادلات تحضير كل مما يأتي :  
الإيثاين من الايثين ، البروبايين من البروين ، البروبايين من 1 ، 1 - ثنائي بروموبروبان .
- ٦ اكتب معادلات توضح تفاعل ميثيل أستيلين (1 - بروباين) مع كل من :  
الهيدروجين في وجود النيكل ، البروم في رابع كلوريد الكربون .  
حمض الهيدرو بروميك ، كلوريد النحاس النشادري .
- ٧ ارسم جميع المتشاكلات المحتملة للألكاين ( $C_5H_8$ ) مع ذكر اسم كل منها طبقاً لنظام أيوباك .
- ٨ اكتب الصيغ التركيبية للمركبات الآتية :  
3 ، 6 - ثنائي ميثيل - 1 - أوكتين ، 2 ، 4 ، 4 - ثلاثي ميثيل - 2 - بنتين ، 2 - بنتين  
1 ، 6 - داي كلورو ايثين ، 3 - ميثيل - 4 - إيثيل - 3 - هكسين .
- ٩ اذكر النواتج المتوقعة من عملية نزع هاليد الهيدروجين من المركبات الآتية :  
1 - يودو هكسان ، 2 - برومو - 2 - ميثيل بنتان .  
2 - كلورو هكسان ، 3 - برومو 2 - ، 3 - ثنائي ميثيل بنتان .
- ١٠ بين النواتج المتوقعة من تفاعل 1 - بيوتايين مع كل من الآتية :  
2 مول هيدروجين بوجود فلز النيكل ، 2 مول بروم ( $Br_2$ ) .  
2 مول من حمض الهيدروكلوريك (HCl) ، عنصر الصوديوم بوجود أمونيا سائلة .

١ اكتب الصيغ البنائية لكل مما يأتي :

- 2، 3، 3 - رباعي ميثيل بنتان، 2، 3 - ثنائي ميثيل بيوتان .  
 3، 4 - ثنائي ميثيل - 4 - إيثيل هبتان، 2 - ميثيل - 3 - إيثيل بنتان .  
 1، 2 - ثنائي برومو - 2 - ميثيل بروبان، 3 - كلورو - 2 - ميثيل بنتان .

٢ ارسم الصيغ البنائية للمركبات الآتية، ثم اذكر اسم كل منها حسب نظام أيوباك :



٣ رتب المركبات الآتية حسب درجات غليانها تنازلياً :

- 3، 3 - ثنائي ميثيل بنتان، ع - هبتان، 2 - ميثيل هبتان  
 ميثيل هكسان، ع - بنتان

٤ وضح بالمعادلات تحضير (ع - بيوتان) من كل مما يأتي :

- 1 - بروموبيوتان، كلورو بيوتان، 1 - كلورو إيثان  
 2 - بيوتين، 1 - بيوتانين .



٥ ارسم الصيغ البنائية للمركبات الآتية :

ميثيل سايكلوبنتان ، كلورو سايكلو هكسان  
1، 2 - ثنائي برومو سايكلوبنتان ، 1، 2 - ثنائي ميثيل سايكلوبروبان  
1، 2، 3 - ثلاثي ميثيل سايكلوبنتان ، 1.1 - ثنائي إيثيل سايكلوبوتان .

٦ صف طريقة مختصرة للتمييز بين أنبوبي اختبار يحتوي الأول على 1 - بيوتان والثاني على 2 - بيوتان .

٧ أكمل الفراغات في الجمل الآتية :

- أ الهيدروكربونات الأليفاتية التي توجد بها رابطة ثنائية تسمى . . . . .  
ب تؤدي الإعاقلة الدورانية حول الرابطة الثنائية إلى ظاهرة . . . . .  
ج ذرة الهيدروجين المرتبطة بذرة كربون تهجينها sp تكون صفاتها . . . . .  
د الصيغة العامة للألكينات هي . . . . .

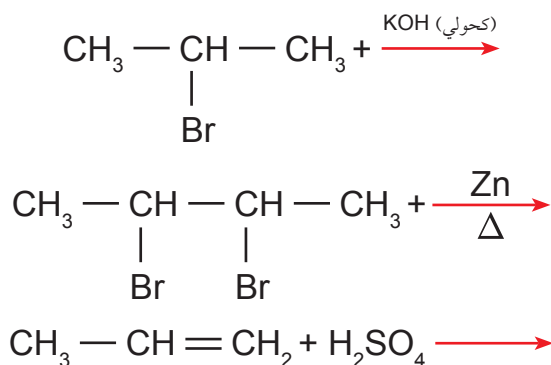
٨ ارسم الصيغ البنائية للمركبات الآتية :

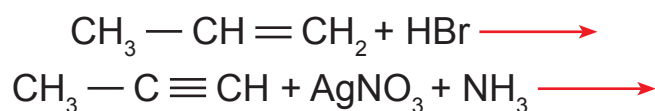
2، 4، 4 - ثلاثي ميثيل - 2 - هكسين ، 3، 4 - ثنائي ميثيل - 1 - هبتين ، 1، 1 - ثنائي كلورو إيثين  
3 - ميثيل - 4 - إيثيل - 3 - هبتين ، 1، 2 - ثنائي بروموبروبين .

٩ اكتب النواتج المتوقعة من عملية نزع هاليد الهيدروجين من المركبات الآتية :

3 - برومو - 2 - ميثيل بنتان ، 1 - يودوهكسان .  
4 - برومو - 2 - ميثيل بنتان ، 2 - كلور بيوتان .

١٠ أكمل المعادلات الآتية :





١١ اختر الإجابة الصحيحة فيما يأتي :

أ عند مقارنة الألكينات بالألكانات فإن :

- ١ الألكينات هيدروكربونات أما الألكانات فهي كربوهيدرات .
- ٢ الألكينات مشبعة أما الألكانات فهي غير مشبعة .
- ٣ نسبة الكربون إلى الهيدروجين في الألكينات أعلى منها في الألكانات .
- ٤ يمكن تحويل الألكانات إلى الألكينات ، ولا يمكن العكس .

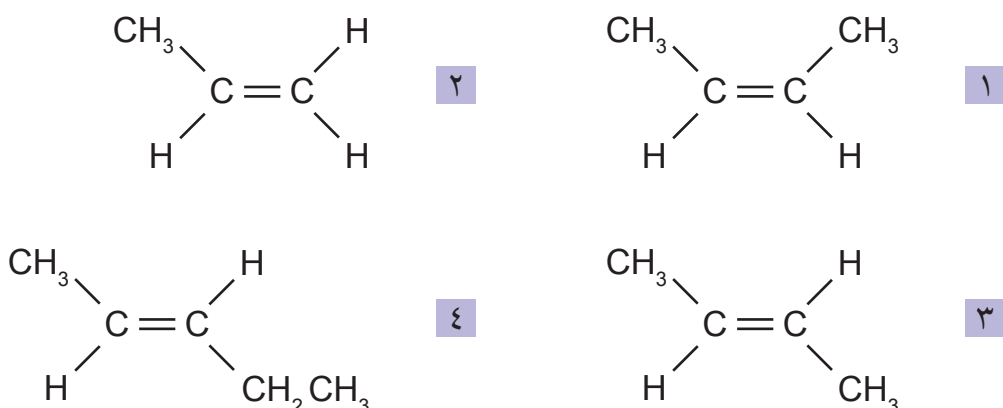
ب المركب الذي لا يوجد فيه تشاكل هندسي هو :

- ١ 2 - بنتين .
- ٢ 1 - كلورو - 1 - برومين .
- ٣ 1 - بيوتين .
- ٤ 1، 2 - ثنائي كلورو ايشين .

ج الصيغة التي تمثل ألكيناً هي :

- ١  $\text{C}_6\text{H}_{10}$
- ٢  $\text{C}_6\text{H}_{14}$
- ٣  $\text{C}_6\text{H}_6$
- ٤  $\text{C}_6\text{H}_{12}$

د الصيغة التي تمثل م - ٢ بيوتين هي :



١٢ أ اكتب الصيغ البنائية للمتشاكلات السبع للألكاين ذي الصيغة الجزيئية  $(\text{C}_6\text{H}_{10})$ .

ب اكتب الاسم حسب نظام الأيوباك لكل متشاكل .

ج أي من هذه المتشاكلات في الفرع (أ) له القدرة على تكوين الأسيتيليد مع أيون الفضة  $(\text{Ag}^+)$  ؟

١٣ ما الألكين أو خليط الألكينات التي يمكن الحصول عليها عند تسخين 2- بروموبوتان مع هيدروكسيد البوتاسيوم المركز في وسط كحولي؟

١٤ عينة من 2- بيوتان تم خلطها مع نسبة قليلة من 1- بيوتان، اشرح بمعادلات كيف يمكنك التخلص من 1- بيوتان؟

١٥ اكتب النواتج المتوقعة من تفاعل HI مع كل من المركبات الآتية:  
1- ميثيل-1- بيوتين، 3- ميثيل، 1- بنتين، 2،2،4- ثلاثي ميثيل-2- بنتين، 1- بنتين.

١٦ وضح بالمعادلات تحضير البروبان من كل مما يأتي:  
الأستلين، 1،2- ثنائي بروموبروبان، بروبين، 1،1- ثنائي كلوروبروبان.

١٧ كيف نميز بين أزواج المركبات الآتية:  
بيوتان وغاز البيوتان، 1- هكسين وع- هكسان، 2- بيوتين و 1- بيوتان.

## المراجع:

- 1) Atkins & Jones, Chemical Principles, 1st Edition, W. H. Freeman & Co. New York, 1999.
- 2) John A. Olmsted & Gregory M. Williams, Chemistry, 4th Edition J. Wiley & Sons, New York, 2004.
- 3) James E. Brady, General Chemistry: Principles and Structure, 5th Edition, J. Wiley & Sons, New York, 1990.
- 4) D.D. Ebbing and S.D. Gammon, General Chemistry, 7th Edition Houghton Mifflin, 2003.
- 5) Ralph Petrucci, Terry McCreary and Scott Perry General Chemistry, 4<sup>th</sup> Edition, Prentice Hall ©2005.
- 6) D A McQuarrie and P A Rock, General Chemistry, 3rd Ed. Freeman, 1991.
- 7) CE. Housecroft, & A.G. Sharpe, Inorganic Chemistry, Prentice Hall, 2001.
- 8) Ebbing, Darrell, Gammon, Steven D., Ragsdale, Ronald O., Essentials of General Chemistry, 2<sup>nd</sup> Edition, Houghton Mifflin Co. London 2003.
- 9) Zumdahl, Steven and Zumdahl, Susan A., Chemistry, 6<sup>th</sup> Edition, Houghton Mifflin Co. London ©2003.
- 10) Ebbing, Darrell and Gammon, Steven D., General Chemistry , 8<sup>th</sup> Edition, Houghton Mifflin Co. London 2005.
- 11) Gary D. Christian, Analytical Chemistry, 6th Edition, J. Wiley & Sons New York, 2003.
- 11) Organic Chemistry, 6th Edition, R. Morrison; R. Boyd.

## المواقع الإلكترونية:

- 1) [www.cheresources.com/photochem.shtml](http://www.cheresources.com/photochem.shtml)
- 2) <http://chemistry.college.hmco.com>
- 3) [www.chem.ufl.edu](http://www.chem.ufl.edu)
- 4) [www.cheml.com](http://www.cheml.com)
- 5) [www.kw.edu](http://www.kw.edu)
- 6) [www.chem.ucla.edu](http://www.chem.ucla.edu)

## المشاركون في ورشة عمل الكتاب:

أ.د. محمد السبوع	أ.د. حكمت هلال
غنى محمد زياد	د. محمد النوري
جعفر أبو حجلة	عبير دراغمة
ميسر حمودة	رمضان ناجي
جابر قسراوي	محمد نادر
فايز عبد الكامل	عبد الله عيد
يوسف عنبر	حسن حمامرة
زايد حنايشة	منجد جوابرة
عاهد زيود	مي أبو عصبه
فضيلة يوسف	أمجد كامل شحادة
خميس بدحة	محمود داود
	رائد بركات

